

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Ústav letecké dopravy

Využití metod vícekritériálního rozhodování pro výběr
vhodných letounů pro zajištění přepravy nákladu

Application of Methods of Mult-Criteria Decision for
the Selection of Aircrafts for Cargo Transportation

Student:

Bc. Tereza Waleczková

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tereza Waleczková**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 40 Letecká doprava
Téma: **Využití metod vícekritériálního rozhodování pro výběr vhodných letounů pro zajištění přepravy nákladu**
Application of Methods of Multi-Criteria Decision for the Selection of Aircrafts for Cargo Transportation

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Letecká společnost a její činnosti
3. Rozšíření sítě linek pro zajištění přepravy nákladu
4. Výběr letounů pomocí metod vícekritériálního rozhodování
5. Ekonomické vyhodnocení
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Fotr, J., Švecová, L. a kol.: Manažerské rozhodování : postupy, metody a nástroje. Praha: Ekopress. Praha. 2010. 474 s. ISBN: 978-80-86929-59-0.
2. Fiala, P., Jablonský, J., Maňas, M.: Vícekritériální rozhodování. Praha: Vysoká škola ekonomická Praha. 1994. 316 s. ISBN: 80-7079-748-7
3. Žihla, Z. a kol.: Provozování podniků letecké dopravy a letišť. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno. 2010. 301 s. ISBN: 978-80-7204-677-5

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 12. května 2014


Terka Walczak
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo závěrečnou práci nevýdělečně užít ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO v případě zájmu její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 12. května 2014



.....
podpis

Bc. Tereza Waleczková

Kaminského 569/25

Nová Bělá 724 00

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

WALECZKOVÁ, T: Využití metod vícekritériálního rozhodování pro výběr vhodných letounů pro zajištění přepravy nákladu: diplomová práce. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2014, 110 stran.

Vedoucí práce: Olivková I.

Diplomová práce nese název Využití metod vícekritériálního rozhodování pro výběr vhodných letounů pro zajištění přepravy nákladu. V této práci je popsána činnost fiktivní letecké společnosti, která zajišťuje nákup, leteckou přepravu a prodej tulipánů, dále rozvoj sítě linek, výběr vhodných letounů pomocí metod vícekritériálního rozhodování, cílem je vybrat takové letouny, které budou schopny přepravit požadovaný náklad do dané destinace, poslední částí práce je ekonomické vyhodnocení fiktivní letecké společnosti.

Klíčová slova: metody vícekritériálního rozhodování, stanovení kritérií, výběr letounů, přeprava nákladu

ANNOTATION OF THESIS

WALECZKOVÁ, T: Application of Methods of Multi-Criteria Decision for the Selection of Aircrafts for Cargo Transportation: Master Thesis. Ostrava : VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, 2014, 110 pages.

Thesis head: Olivková, I.

The Master Thesis entitled Application of Methods of Multi-Criteria Decision for the Selection of Aircrafts for Cargo Transportation. This thesis describes activities of the fictional airline, which involves buying, air transportation and sale of tulips, further flight network development, selection of suitable aircraft using multi-criteria decision-making methods, the purpose of this thesis is select those aircraft that will be able to transport cargo to the desired destination, the last part is an economic evaluation of a fictional airline.

Keywords: multi-criteria decision-making methods, selection criterias, selection of aircrafts, cargo transport

Poděkování

Dovoluji si poděkovat vedoucí mé diplomové práce doc. Ing. Ivaně Olivkové, za odborné vedení, cenné připomínky, rady a poskytnuté věcné informace při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Seznam zkratk	9
Cíle diplomové práce	10
1. Úvod	11
2. Letecká společnost a její činnosti	12
2.1. Letiště Schiphol.....	13
2.2. Základní podmínky pro zahájení činnosti leteckého dopravce.....	15
2.3. Smlouva o nájmu dopravního prostředku.....	17
2.4. Podmínky pro uskutečnění přepravy	18
2.5. Převážní doklady v letecké přepravě zboží.....	19
2.6. Způsob přepravy tulipánů.....	21
3. Rozšíření sítě linek pro zajištění přepravy nákladu	23
3.1. Litva - Vilnius	24
3.2. Lotyšsko - Riga	25
3.3. Dánsko - Kodaň.....	26
3.4. Polsko - Katowice	28
3.5. Německo - Drážďany	29
3.6. Španělsko - Barcelona	31
3.7. Itálie - Milán.....	32
3.8. Česká republika - Praha.....	34
4. Výběr letounů pomocí metod vícekritériálního rozhodování	36
4.1. Množina letounů.....	36
4.1.1. AN - 26B	36
4.1.2. AN 74 - 200.....	38
4.1.3. Saab 340F.....	39
4.1.4. ATR 42 - 320F	40
4.1.5. ATR 72 - 200F	42
4.1.6. Fokker F - 27	43
4.1.7. Raytheon 1900 D	44

4.1.8. Falcon Cargo Jet.....	46
4.1.9. BAe 748	47
4.1.10. Dash 8 - 300	48
4.2. Metody stanovení vah kritérií.....	49
4.3. Metody stanovení pořadí variant	53
4.3.1. Výběr vhodného letounu na lince Amsterdam - Vilnius.....	54
4.3.2 Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Drážďany	57
4.3.3. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Katowice.....	61
4.3.4. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Kodaň	64
4.3.5. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Milán	67
4.3.6. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Barcelona.....	71
4.3.7. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Riga	75
4.3.8. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Praha.....	78
5. Ekonomické vyhodnocení.....	84
5.1. Přímé provozní náklady.....	85
5.1.1. Přistávací a vzletové poplatky.....	85
5.1.2. Spotřeba paliva.....	86
5.1.3. Cena paliva.....	90
5.1.4. Traťové poplatky.....	90
5.1.5. Přiblížovací poplatky	94
5.1.6. Stání letounů na letišti Schiphol.....	95
5.1.7. Platy zaměstnanců.....	96
5.2. Nepřímé provozní náklady	96
5.2.1. Pozemní odbavení letadel	96
5.2.2. Náklady na inzerci a propagaci	97
5.3. Hospodářský výsledek.....	97
5.4. Bod zvratu	100
6. Závěr	102
Seznam použité literatury	104

Seznam zkratek

MTOW	<i>Maximální vzletová hmotnost letounu</i>
ICAO	<i>Mezinárodní organizace pro civilní letectví</i>
IATA	<i>Mezinárodní asociace leteckých dopravců</i>
ft	<i>Stopa (délková míra)</i>
AOC	<i>Mezinárodní osvědčení leteckého dopravce</i>
ÚCL	<i>Ústav civilního letectví</i>
AWB	<i>Letecký nákladní list</i>
AÚ	<i>Aspirační úroveň</i>
HV	<i>Hospodářský výsledek</i>
USD	<i>Americký dolar</i>

Cíle diplomové práce

Cílem mé diplomové práce je využití metod vícekritériálního rozhodování pro výběr vhodných letounů pro přepravu nákladu. Náklad o různém rozměru a hmotnosti bude přepravován do několika evropských států. Cílem je nalezení vhodných letounů, kterými bude zajištěna přeprava požadovaného nákladu do cílových destinací.

1. Úvod

Tato diplomová práce navazuje na mou předešlou bakalářskou práci nesoucí název Porovnání tříd dopravních letadel pro dopravu nákladu.

Letecká nákladní doprava je dnes na svém vrcholu. Množství nákladu, který je ročně přepraven, neustále roste. Náklad může být přepraven širokou škálou letounů, od malých regionálních až po velké přepravní transportéry. Hlavní výhodou letecké přepravy nákladu je překonání velké vzdálenosti v poměrně krátkém čase.

V mé diplomové práci zajišťuje fiktivní společnost Teriw Cargo Air leteckou přepravu tulipánů. Květiny patří mezi velmi žádané zboží. Celoročně je mnoho příležitostí ke koupi květin, například státní svátky, jakými jsou: velikonoce, vánoce, příchod nového roku, svátek Svatého Valentýna apod. Velké množství tulipánů můžeme také vidět na různých sportovních či kulturních akcích, v hotelech jako dekorace a na mnoha dalších místech. Jen k svátku Svatého Valentýna přepravila společnost LAN Cargo více než 15 miliónů pugétu květin po celém světě, což je přibližně 2 100 tun květin denně. Znamenalo to 6% nárůst od předešlého roku 2013. Hlavními vývozci květin, především červených růží, v Latinské Americe jsou Kolumbie a Ekvádor.

V této diplomové práci bude popsána činnost fiktivní společnosti Teriw Cargo Air, která zajišťuje přepravu čerstvých holandských tulipánů, dojde k rozšíření sítě linek společnosti, k sestavení množiny letounů, ze které bude následně realizován výběr vhodných letounů. Přepravovaný náklad, do daných destinací, bude nabývat rozdílného objemu a hmotnosti, z tohoto důvodu musí být pro každou linku vybrán takový letoun, který bude schopen přepravit požadovaný náklad do cílové destinace. Výběr letounů bude proveden pomocí metod vícekriteriálního rozhodování, cílem rozhodování je vybrat optimální variantu, která podle daných kritérií dosahuje nejlepšího hodnocení. Po nalezení vhodného letounu či letounů bude provedeno ekonomické vyhodnocení plynoucí z činnosti společnosti Teriw Cargo Air. Cílem této práce je využití metod vícekriteriálního rozhodování pro výběr vhodného letounu pro přepravu nákladu.

2. Letecká společnost a její činnosti

Hlavní činností letecké nákladní společnosti Teriw Cargo Air je nákup, přeprava a prodej holandských tulipánů smluvním prodejcem na území Evropy. Vedlejší činností společnosti je možnost využití letounů, na zpátečních letech, k přepravě zásilek logistických firem.

Společnost byla založena v České republice roku 2012. Tehdejší strategií letecké společnosti bylo zajistit dovoz čerstvých holandských tulipánů do České republiky. První pravidelná linka byla provozována na trase Praha- Amsterdam a to dvakrát týdně, v neděli a čtvrtek.

Od roku 2013 probíhá pravidelná přeprava tulipánů do osmi evropských destinací a to v období hlavní tulipánové sezóny v měsících říjen až květen. Domovským letištěm společnosti Teriw Cargo Air je letiště Schiphol. Počet tulipánů, který je nakoupen, přepraven a následně prodán, splňuje požadavky smluvních prodejců.

Tulipány jsou nakupovány na největší světové burze v Aalsmeeru v Nizozemsku. Tato burza je považována za největší aukci na světě. Je zde 5 aukčních síní a denně se zde prodá okolo 17 miliónů řezaných květin. Při čemž otevírací doba je pouze od 5:00 do 10:00 hodin. Zvláštností této aukce je, že výchozí cena květin se snižuje v pravidelných časových intervalech o stanovené procento, dokud nedojde k vyčerpání zboží. Město Aalsmeer se nachází necelých 10 kilometrů od letiště Schiphol, což nám zajišťuje dovezení tulipánů na letiště ve velmi krátkém čase a následnou přepravu do cílové destinace. Dovoz tulipánů na letiště je zajištěn klimatizovanými automobily.



Obr. 2.1. Květinová burza



Obr. 2.2. Blízkost květinové burzy

V cílové destinaci, na Evropských letištích, jsou tulipány předány logistickým společnostem, které je následně přepraví do velkoskladů smluvních prodejců, tulipány jsou poté prodávány velkým či malým květinovým řetězcům. Tito prodejci také zajišťují květinové výzdoby na sportovních akcích, jakými jsou například atletické meetingy, dále na uměleckých výstavách, významných společenských akcích a při mnoha dalších speciálních příležitostech, kde jsou tulipány žádány.

2.1. Letiště Schiphol

Domovským letišťem nákladní letecké společnosti Teriw Cargo Air je letiště Schiphol., které se nachází přibližně 10 kilometrů od města Aalsmeer, kde je provozována květinová burza. Z této burzy jsou tulipány dováženy a následně z letiště přepraveny do cílové destinace.

Letiště Schiphol je situováno 9 km od hlavního města Amsterdam. Nadmořská výška letiště je -3 m. IATA kód: EHAM, ICAO kód: AMS.

Technické parametry drah

Vzletové a přistávací dráhy			
Směr	Délka		Povrch
	m	ft	
18R/36L	3 800	12 467	Asfalt
06/24	3 500	11 483	Asfalt
09/27	3 400	11 155	Asfalt
18L/36R	3 400	11 155	Asfalt
18C/36C	3 300	10 827	Asfalt
04/22	2 014	6 608	Asfalt

Tab. 2.1. Technické parametry drah letiště Schiphol

Letištní poplatky

Přistávací nebo vzletové poplatky pro letoun, jehož maximální vzletová hmotnost nepřekračuje 20 tun, činí 1331 Kč. [18]

Přistávací nebo vzletové poplatky pro letoun, jehož maximální vzletová hmotnost překračuje 20 tun, činí 67 Kč za 1 tunu maximální vzletové hmotnosti letounu. [18]

2.2. Základní podmínky pro zahájení činnosti leteckého dopravce

Ještě před zahájením činnosti provozu mezinárodní letecké služby, své letecké nákladní společnosti Teriw Cargo Air, musí být splněna následující řada podmínek:

- Vlastnit licenci vydanou licenčním orgánem, která je vydaná leteckému dopravci formou certifikátu opravňujícímu provozovat obchodní leteckou dopravu. Takto vydané oprávnění umožňuje vykonávat obchodní leteckou dopravu nebo provádět letecké práce v rámci vymezeného rozsahu. Pro udělení a udržení platné provozní licence musí letecký dopravce prokázat zejména svoji trvalou finanční způsobilost. [1]
- Mít vydané osvědčení leteckého dopravce (AOC) v rámci něhož musí prokázat, že má:
 - způsobilý letecký personál v příslušných profesích,
 - platné osvědčení letové způsobilosti pro používanou letovou techniku v rámci tohoto osvědčení se řeší otázky provozní bezpečnosti a ochrany životního prostředí,
 - splňuje provozně bezpečnostní požadavky/nároky na evropské lety,
 - má pro provozování letecké dopravy odpovídající organizační strukturu a systém řízení k využití způsobilého personálu a techniky, jakož i ke kontrole jakosti a bezpečnosti provozu. [1]
- Mít udělená přepravní práva od státu, který letecký dopravce určuje k provozu letecké služby do příslušného státu.
- Mít sjednané pojištění na škody způsobené nákladu (zboží) při dopravě a pojištění na škody způsobené třetím osobám.
- Mít schválený program leteckého dopravce na ochranu před protiprávními činy. [1]

Dále pro zahájení činnosti musí mít:

- ještě před zahájením provozu vyhlášeny podrobné přepravní podmínky,
- uděleno provozní oprávnění od přijímacího státu. V souladu s dalšími ustanoveními příslušné mezistátní letecké dohody si přijímací stát může ověřovat, zda jsou výše uvedené skutečnosti určeným leteckým dopravcem plněny. [1]

Licenci k provozování letecké dopravy vydává úřad v souladu s přímo použitelným předpisem Evropského společenství na základě žádosti. Žádost musí splňovat následující podmínky:

- fyzická osoba dosáhla věku 18 let, je úplně způsobilá k právním úkonům, bezúhonná a odborně způsobilá,
- všechny fyzické osoby, které jsou statutárním orgánem právnické osoby nebo statutárního orgánu, dosáhly 18 let, jsou způsobilé k právním úkonům, bezúhonné a alespoň jeden člen statutárního orgánu nebo zodpovědný zástupce právnické osoby splňuje podmínku odborné způsobilosti,
- žadatel prokáže, že splňuje podmínky stanovené přímo použitelným předpisem Evropských společenství. [1]

Úřad v rozhodnutí o vydání licence uvede označení leteckého dopravce, druh obchodní letecké dopravy, počet a typ provozovaných letadel, datum zahájení provozování letecké dopravy a dobu, na níž se licence uděluje a podmínky provozování letecké dopravy. [1]

Pokud došlo ke změně skutečnosti, na základě kterých se rozhodovalo o vydání licence, případně vyžaduje li to bezpečnost obchodí letecké dopravy a na základě odůvodněné žádosti držitele licence může úřad rozhodnout o změně licence. [1]

Úřad licenci odejme, jestliže držitel licence závažným způsobem porušuje povinnosti dané zákonem nebo přímo použitelným předpisem Evropských společenství, neplní podmínky stanovené v licenci nebo o odejmutí licence požádal. [1]

Na žádost leteckého dopravce vydává úřad osvědčení leteckého dopravce. Toto osvědčení vyjadřuje, že letecký dopravce splňuje podmínky stanovené zákonem pro letecký personál, bezpečnost leteckého provozu a provozování letadel. Současně potvrzuje, že letecký dopravce má vnitřní organizační strukturu a systém řízení pro zajištění obchodní letecké dopravy. V okamžiku, kdy uvedené podmínky nejsou splněny, úřad osvědčení leteckého dopravce odejme. [1]

Letecký dopravce je v souladu se zákonem povinen:

- provozovat obchodní leteckou dopravu podle podmínek stanovených v licenci a podmínek provozního oprávnění státu,

- oznámit neprodleně úřadu všechny změny ve vazbě na podmínky udělené licence,
- oznámit s předstihem zahájení pravidelné či nepravidelné obchodní letecké dopravy, přerušení a ukončení obchodní letecké dopravy, ke dni zahájení vyhlásit přepravní podmínky,
- po odejmutí licence zajistit na svůj náklad dopravu zboží, ke které se vázal. [1]

Letecký dopravce, který hodlá provozovat mezinárodní obchodní dopravu, musí mít provozní oprávnění cizího státu, do kterého má být mezinárodní letecká obchodní doprava provozována. Žádost o vydání provozního oprávnění podává letecký dopravce příslušného úřadu cizího státu po předběžném projednání záměru s ministerstvem dopravy. Pokud hodlá letecký dopravce provozovat mezinárodní obchodní leteckou dopravu na základě mezinárodní smlouvy, musí mít vedle provozního oprávnění současně uděleno i přepravní právo. Přepravní právo se vydává na 10 let. [1]

2.3. Smlouva o nájmu dopravního prostředku

Pronájem letadla bez posádky: Druh pronájmu, kdy je letadlo provozováno na AOC nájemce. Letadlo je zapsáno v provozní specifikaci nájemce. [14]

Pronajímatel se zavazuje přenechat nájemci dopravní prostředek k dočasnému užívání a nájemce se zavazuje zaplatit nájemné. [14]

Požadavky ÚCL na žádost o pronájem letadla bez posádky: Žádost o pronájem letadla bez posádky musí obsahovat:

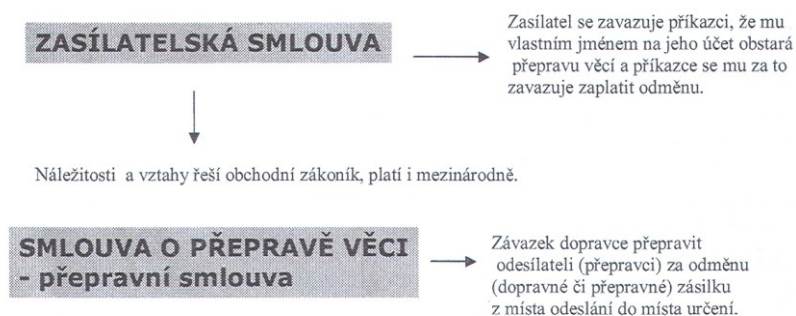
- Název a adresu pronajímatele a nájemce
- Typ, výrobní číslo, rejstříkovou značku a stát registrace letadla
- Dobu trvání nájmu /pronájmu
- V případě nájmu sdělení, zdali se v budoucnu předpokládá zapsání najímaného letadla bez posádky do leteckého rejstříku ČR
- Jméno koordinátora, určeného žadatelem pro usnadnění kontaktu mezi kompletními úřady. [14]

Odpovědnost nájemce:

- Za včasné a řádné placení nájemného.
- Za škody na dopravním prostředku, které způsobí on nebo třetí osoba.
- Za řádnou údržbu dopravního prostředku.
- Za navrácení dopravního prostředku po ukončení smlouvy. [14]

2.4. Podmínky pro uskutečnění přepravy

K tomu, abychom mohli uskutečnit přepravu nákladu, musíme splnit určité podmínky v nákladní letecké dopravě:



Obr. 2.3. Podmínky pro uskutečnění přepravy [9]

a) Zasílatelská smlouva

Údaje smlouvy:

- Označení účastníků smlouvy.
- Určení věcí, jejich přepravu má zasílatel obstarat.
- Určení místa odeslání a dodání.
- Závazek příkazce zaplatit zasílateli odměnu.
- Datum a podpis obou stran.

Odpovědnost zasílatele za:

- Škodu na převzaté zásilce.
- Vynaložení odborné péče.
- Podání zprávy příkazci o škodě. [9]

b) Smlouva o přepravě věci

Údaje smlouvy:

- Označení účastníků smlouvy.
- Určení místa odeslání a dodání.
- Označení přepravované věci.
- Závazek dopravce k přepravení zásilky.
- Závazek odesílatele zaplatit za přepravu.
- Datum a podpis obou stran.
- Smlouva musí být sjednána pro všechny druhy nákladní dopravy. [9]

2.5. Přepravní doklady v letecké přepravě zboží

K vytvoření světového systému letecké dopravy přispěla Varšavská úmluva k sjednocení pravidel týkající se přepravních dokladů. [9]

a) Letecký nákladní list (Air Waybill – AWB)

- Je doklad o uzavření přepravní smlouvy mezi odesílatelem a dopravcem v letecké nákladní dopravě.
- Je dokladem o převzetí zboží k přepravě.
- Je součástí zásilky až do vydání zásilky v místě určení.
- Letecký nákladní list se vystavuje v 14. zpracováních:

➤ **tři originály**

Originály leteckého nákladního listu jsou určeny pro:

- dopravce (originál č.1 - zelené)
- příjemce (originál č.2 - barvy růžové)
- odesílatele (originál č.3 - modré barvy)

➤ **jedenáct kopií**

Kopie leteckého nákladního listu jsou určeny pro:

- další letecké dopravce
- pro celní úřady
- zúčtovací potřeby

- důkaz o doručení zásilky (kopie č. 4), v místě určení je podepsána příjemcem. [9]

b) Seznam zásilek

- Všechny zásilky, které jsou naloženy do letadla, jsou zapsány do seznamu zásilek.
- Seznam zásilek je vystaven leteckým dopravcem. [9]

c) Nakládací list

- Je vystaven leteckým dopravcem.
- Jsou v něm zapsány informace o rozložená nákladu v letadle vzhledem k jeho těžišti.
- Hmotnosti jednotlivých zásilek zapsané v nákladním listu musí souhlasit se skutečností. [9]

d) Transfer manifest

- Je pomocný provozní doklad, slouží leteckému dopravci pro informativní účely o překladu zásilek. [9]

e) Informace veliteli o zvláštním druhu nákladu

- Je pomocný doklad, je doporučen k používání organizací IATA k zajištění bezpečnosti letu.
- Informace určené kapitánovi o všech zvláštních druzích nákladu naložených v letadle. [9]

Za zvláštní druh nákladu se považuje:

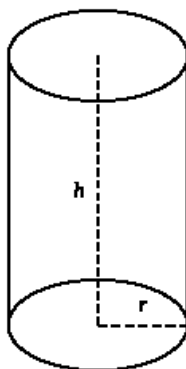
- **živá zvířata** – K přepravě přijímáme pouze takové zvíře, které splňuje všechny následující podmínky: veterinární osvědčení, vhodný obal či přeprava, splnění dovozních veterinárních předpisů stanovené země, obsluha zvířete po celou dobu přemístění. [9]

- **zkazitelné zboží** – Zkazitelným zbožím rozumíme: maso, vejce, květiny, rostliny, ovoce a zelenina, potraviny, ryby a mořské produkty, vakcíny a léky. Letecký dopravce musí být schopen zajistit přepravu zboží bez zkažení nebo poškození zásilky. Takový typ zboží by měl být zabalen ve dvou obalech (vnitřní a vnější). [9]
- **cenné a citlivé zboží** – Cennými zásilkami rozumíme: drahé kovy, platinové kovy, diamanty, rubíny, smaragdy, safíry, pravé perly, akcie, platné peníze, cenné obrazy, starožitnosti. Tyto zásilky musí být zabaleny takovým způsobem, aby bylo ihned rozpoznatelné, že je obal porušen. Zásilka je po celou dobu přepravy přísně střežena. [9]
- **nebezpečné zboží** – Nařízení týkající se nebezpečného zboží jsou obsažena v předpisu IATA- Dangerous Goods Regulations / Nebezpečné zboží je rozděleno podle možnosti způsobení škody do devíti tříd: výbušniny, hořlavé kapaliny, hořlavé pevné látky, oxidující látky a hořlavé peroxidy, jedovaté a infekční látky, radioaktivní látky, žíravé látky, jiné nebezpečné látky. Odesílatel musí zajistit: identifikaci nebezpečného zboží, vhodný obal, označení zásilky a potřebnou dokumentaci. [9]

2.6. Způsob přepravy tulipánů

Tulipány jsou baleny v papírových válcových obalech po 10. kusech. Průměrná hmotnost jednoho tulipánu je 35g.

Objem tohoto balení je vyjádřen vzorcem pro objem válce, který je:



$$V = \pi r^2 h \quad (2.1)$$

Průměr balení je přibližně 10cm a výška okolo 50 cm.

Dostaneme tedy rovnici:

$$V = 3,14 \times 5^2 \times 50$$

Výsledný objem balení s 10. tulipány je: $V = 0,003925 \text{ m}^3$

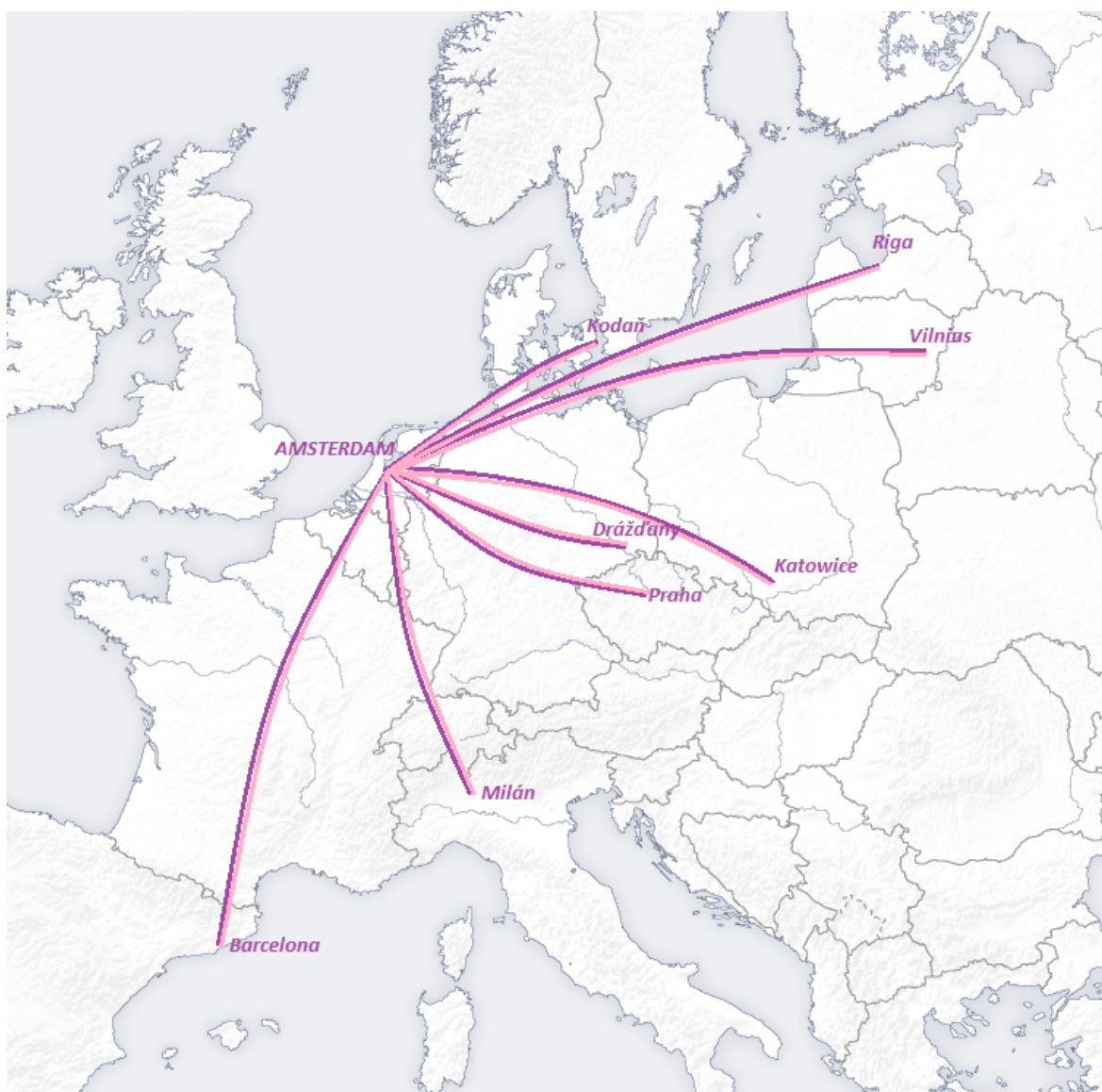
Tulipány jsou na letišti Schiphol uloženy do chladicích boxů až do doby odletu. Balení tulipánů jsou umístěna do kartonových krabic a naložena do letadel buď na leteckých paletách či volně ložené.

Z důvodu přepravy květiny, musí být každá přepravovaná krabice označena štítkem s nápisem perishable, což vyjadřuje zboží podléhající rychlé zkáze. Dále je zapotřebí mít během přepravy na palubě letadla fytopatologický certifikát země původu květin neboli certifikát zdravotní nezávadnosti.

3. Rozšíření sítě linek pro zajištění přepravy nákladu

Společnost Teriw Cargo Air zajišťuje přepravu čerstvých holandských tulipánů do těchto evropských destinací: Dánsko, Lotyšsko, Litva, Německo, Česká republika, Polsko, Itálie, Španělsko a to především v měsících říjen až květen.

Cílová letiště ve výše uvedených zemích byla vybrána na základě výše poplatků, jakými jsou poplatky přistávací, vzletové, přeletové a poplatky za dobu stání letadel.



Obr. 3.1 Síť linek společnosti Teriw Cargo Air

3.1. Litva - Vilnius

Mezinárodní letiště Vilnius, je situováno 6 km jižně od centra hlavního města Litvy, čímž je Vilnius. Na letišti operují tyto nákladní letecké společnosti: DHL Aviation, MNG Airlines a Transaviabaltika.

Počet tulipánů, které jsou 1x týdně přepravovány je 120 tisíc. Tento počet zajistí naplnění poptávky v dané destinaci.

Nadmořská výška letiště je 197 m. IATA kód: VNO, ICAO kód: EYVI.

Technické parametry drah

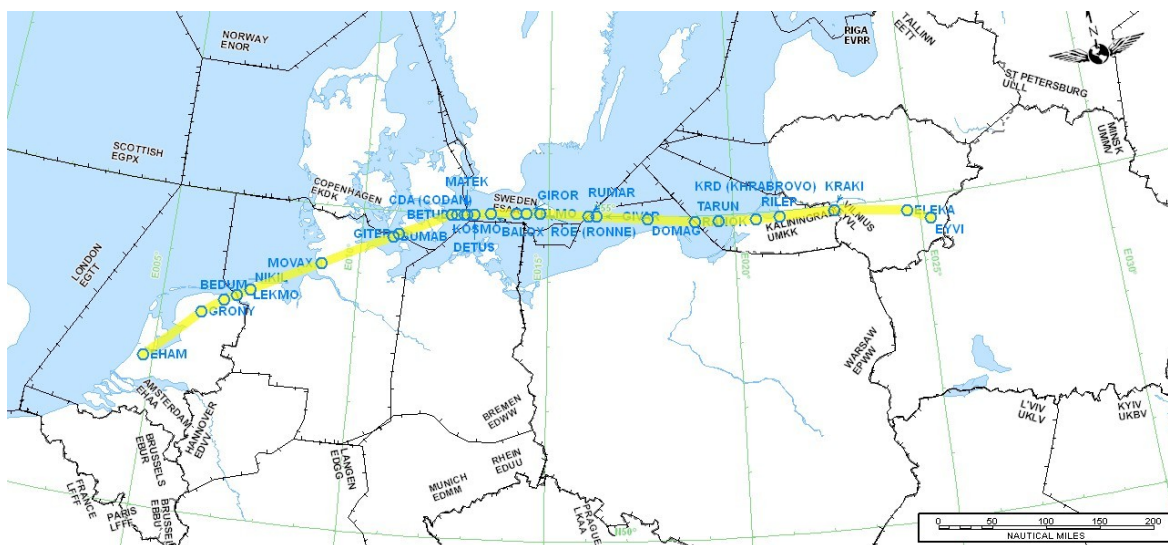
Vzletové a přistávací dráhy			
Směr	Délka		Povrch
	m	ft	
02/20	2 515	8 250	Asfalt / Beton

Tab. 3.1. Technické parametry drah letiště Vilnius

Let je provozován po trati

EHAM SID GRONY UN873 BEDUM UZ700 GITER Z700 CDA L983 RANOK B120 KRAKI M874 ELEKA STAR **EYVI**

Délka trati je 730 námořních mil/ 1 348 km.



Obr. 3.2. Schéma trasy letu Amsterdam - Vilnius

Zpáteční let je provozován po trati

EYVI SID NEDAM L749 TIGNU B65 LATMI M865 ROE L983 CDA T550
MARIP Z701 GOBOT UZ701 EEL STAR **EHAM**

Délka trati zpátečního letu je 721.3 námořních mil / 1 336 km.

Letištní poplatky

Přistávací a vzletové poplatky za 1 tunu maximální vzletové hmotnosti letounu činí 200 Kč.

3.2. Lotyšsko - Riga

Mezinárodní letiště Riga leží 10 km západně od centra hlavního města Lotyšska čímž je Riga. Na letišti operují tyto nákladní společnosti: DHL Aviation, RAF Avia, Kalitta Air, SprintAir.

Počet tulipánů, které jsou 2x týdně přepravovány je 130 tisíc. Tento počet zajistí naplnění poptávky v dané destinaci.

Nadmořská výška letiště je 11 m. IATA kód: RIX, ICAO kód: EVRA

Technické parametry drah

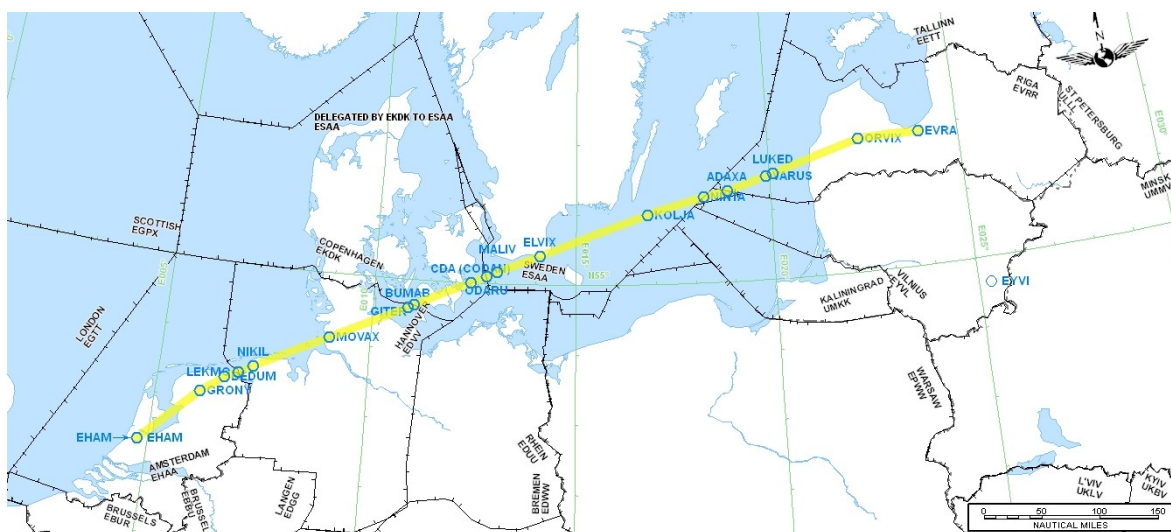
Vzletové a přistávací dráhy			
Směr	Délka		Povrch
	m	ft	
18/36	3 200	10 500	Asfalt / Beton

Tab. 3.2. Technické parametry drah letiště Riga

Let je provozován po trati

EHAM SID GRONY UN873 BEDUM UZ700 GITER Z700 CDA M611 KOLJA
M864 ADAXA M405 ORVIX STAR **EVRA**

Délka trati je 710.5 námořních mil / 1 316 km.



Obr. 3.3. Schéma trasy letu Amsterdam - Riga

Zpáteční let je provozován po trati

EVRA SID VALED M869 LEP M864 KOLJA M611 CDA T550 MARIP Z701
GOBOT UZ701 EEL STAR **EHAM**

Délka trati zpátečního letu je 721.8 námořních mil / 1 337 km.

Letištní poplatky

V dubnu roku 2013 zavedlo mezinárodní letiště Riga nový motivační program pro růst cestujících, vzletové a přistávací poplatky jsou tak nejnižší ze všech letišť hlavních evropských měst. [22]

Přistávací a vzletové poplatky za 1 tunu maximální vzletové hmotnosti letounu činí 57 Kč.

3.3. Dánsko - Kodaň

Mezinárodní letiště Kastrup je hlavním letištem Dánska. Hlavní město Kodaň se nachází 5 km jižně od letiště.

Počet tulipánů, které jsou 2x týdně přepravovány je 60 tisíc. Tento počet zajistí naplnění poptávky v dané destinaci.

Nadmořská výška letiště je 5 m. IATA kód: CPH, ICAO kód: EKCH

Technické parametry drah

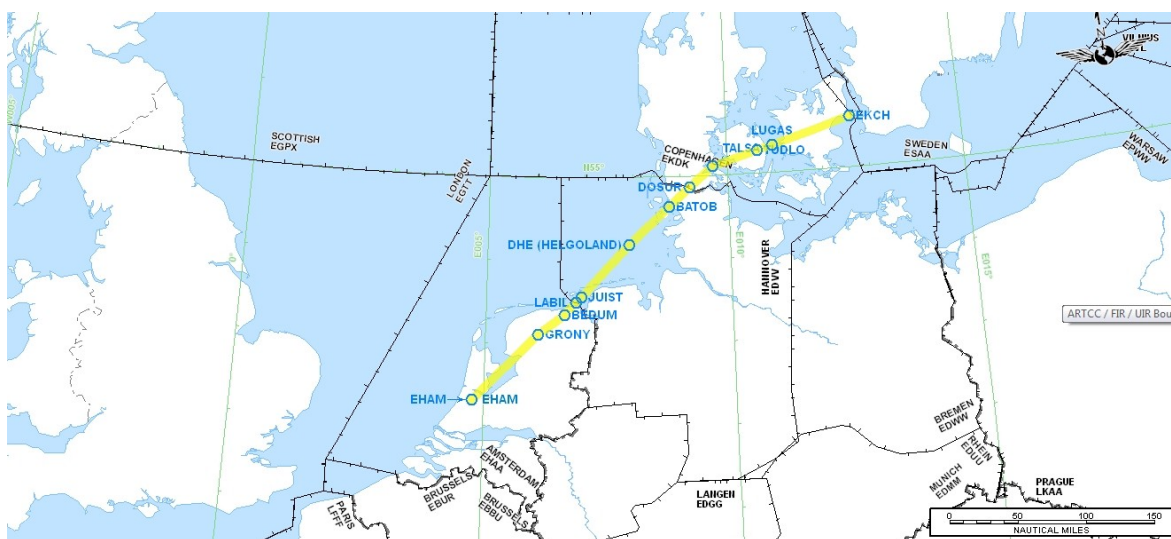
Vzletové a přistávací dráhy			
Směr	Délka		Povrch
	m	ft	
04L/22R	3 600	11 811	Asfalt
04R/22L	3 600	10 827	Asfalt
12/30	2 800	9 168	Asfalt / Beton

Tab. 3.3. Technické parametry drah letiště Kastrup

Let je provozován po trati

EHAM SID GRONY UN873 JUIST UP729 DOSUR P729 LUGAS STAR **EKCH**

Délka trati je 328.6 námořních mil / 609 km.



Obr. 3.4. Schéma trasy letu Amsterdam - Kodaň

Zpáteční let je provozován po trati

EKCH SID MAXEL N850 MARIP Z701 GOBOT UZ701 EEL STAR **EHAM**

Délka trati zpátečního letu je 327.5 námořních mil / 607 km.

Letištní poplatky

Přistávací a vzletové poplatky za 1 tunu maximální vzletové hmotnosti letounu činí 234 Kč.

3.4. Polsko - Katowice

Mezinárodní letiště Katowice se nachází v Pyrzowicích, což je přibližně 30 km od centra města Katowic. Na letišti působí tyto nákladní letecké společnosti: DHL Aviation, SprintAir, TNT Airways, Air Contractors, Farnair Europe.

Počet tulipánů, které jsou 1x týdně přepravovány je 110 tisíc. Tento počet zajistí naplnění poptávky v dané destinaci.

Nadmořská výška letiště je 304 m. IATA kód: KTW, ICAO kód: EPKT.

Technické parametry drah

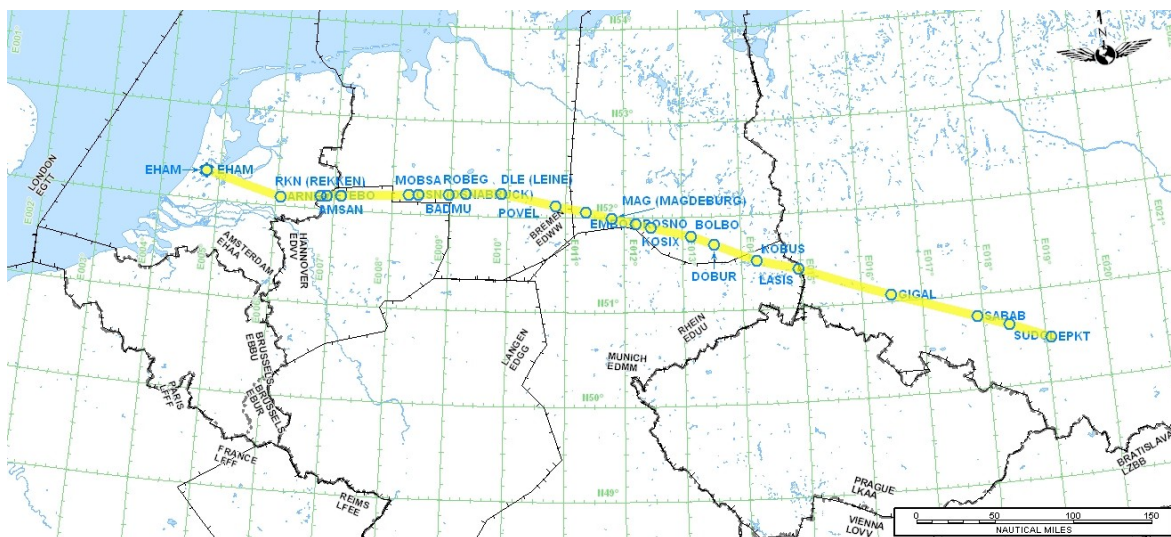
Vzletové a přistávací dráhy			
Směr	Délka		Povrch
	m	ft	
09/27	2 800	9 168	Beton

Tab. 3.4. Technické parametry drah letiště Katowice

Let je provozován po trati

**EHAM SID ARNEM UP147 RKN UL980 DLE UL986 LASIS L986 SUDOL DCT
EPKT**

Délka trati je 517 námořních mil / 956 km.



Obr. 3.5. Schéma trasy letu Amsterdam - Katowice

Zpáteční let je provozován po trati

**EPKT DCT MAPIK T710 SABAB L986 LASIS UL986 DLE UL980 RKN
STAR EHAM**

Délka trati zpátečního letu je 523.6 námořních mil / 970 km.

Letištní poplatky

Přistávací a vzletové poplatky za 1 tunu maximální vzletové hmotnosti letounu činí 282 Kč.

3.5. Německo - Drážďany

Letiště Drážďany se nachází ve východní části Německa. Ve vzdálenosti 9 km od letiště leží centrum města Drážďan.

Počet tulipánů, které jsou 2x týdně přepravovány je 65 tisíc. Tento počet zajistí naplnění poptávky v dané destinaci.

Nadmořská výška letiště je 230 m. IATA kód: DRS, ICAO kód: EDDC

Technické parametry drah

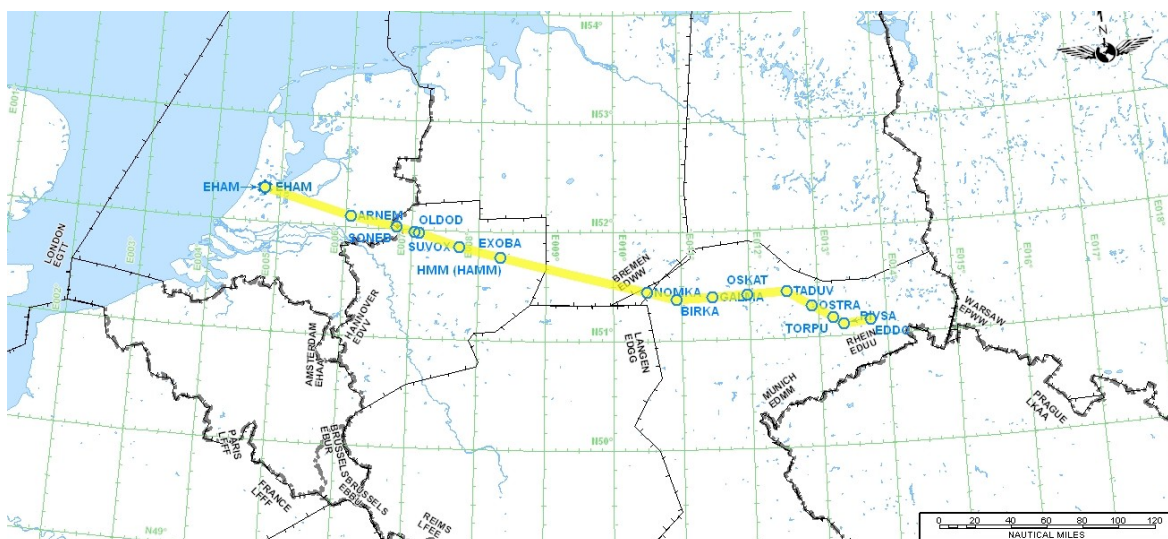
Vzletové a přistávací dráhy			
Směr	Délka		Povrch
	m	ft	
04/22	2 850	9 351	Beton

Tab. 3.5. Technické parametry drah letiště Drážďany

Let je provozován po trati

EHAM SID ARNEM UL620 BIRKA UZ21 RIVSA STAR EDDC

Délka trati je 337.7 námořních mil / 626 km.



Obr. 3.6. Schéma trasy letu Amsterdam - Drážďany

Zpáteční let je provozován po trati

EDDC SID BEBEX Q230 TADUV T804 MAG UL986 DLE UL980 RKN STAR EHAM

Délka trati zpátečního letu je 345.3 námořních mil / 640 km.

Letištní poplatky

Přistávací a vzletové poplatky za 1 tunu maximální vzletové hmotnosti letounu činí 240 Kč.

3.6. Španělsko - Barcelona

Letiště Barcelona - El Prat je situováno 12 km jihozápadně od města Barcelona. Na letišti působí tyto nákladní letecké společnosti: British Airways World Cargo, Cargolux, DHL Aviation, FedEx Feeder, Lufthansa Cargo, TNT Airways, Swiss WorldCargo, UPS Airlines.

Počet tulipánů, které jsou 2x týdně přepravovány je 110 tisíc. Tento počet zajistí naplnění poptávky v dané destinaci.

Nadmořská výška letiště je 4 m. IATA kód: BCN, ICAO kód: LEBL.

Technické parametry drah

Vzletové a přistávací dráhy			
Směr	Délka		Povrch
	m	ft	
07L/25R	3 352	10 997	Asfalt / Beton
07R/25L	2 660	8 727	Asfalt / Beton
02/20	2 528	8 293	Asfalt / Beton

Tab. 3.6. Technické parametry drah letiště Barcelona

Let je provozován po trati

EHAM SID WOODY UN872 MEDIL UQ237 DISAK UN857 DIRMO UZ365
NARAK UN859 LOMRA UN727 ROCAN UN859 PUMAL STAR **LEBL**

Délka trati je 683.3 námořních mil / 1 265 km.



Obr. 3.7. Schéma trasy letu Amsterdam - Barcelona

Zpáteční let je provozován po trati

**LEBL SID OKABI UN861 FISTO UY156 ADABI UN858 VANAD UN874
BAMES UT191 PODEM UN873 BELDI UY473 LUMIL UY873 DENUT STAR
EHAM**

Délka trati zpátečního letu je 698.1 námořních mil / 1 293 km.

Letištní poplatky

Přistávací a vzletové poplatky za 1 tunu maximální vzletové hmotnosti letounu činí 183 Kč.

3.7. Itálie - Milán

Letiště Milán Malpessa je největší letiště v severní části Itálie. Nachází se 40 km severozápadně od města Milán. Letiště slouží jako hub pro leteckou nákladní společnost Cargolux Italia.

Počet tulipánů, které jsou 2x týdně přepravovány je 90 tisíc. Tento počet zajistí naplnění poptávky v dané destinaci.

Nadmořská výška letiště je 234 m. IATA kód: MXP, ICAO kód: LIMC.

Technické parametry drah

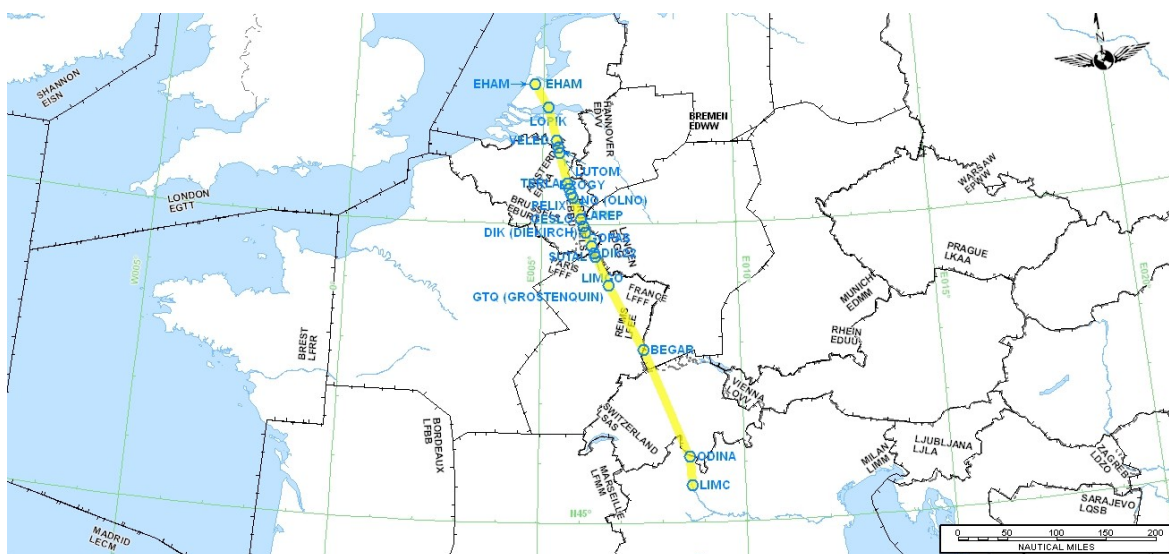
Vzletové a přistávací dráhy			
Směr	Délka		Povrch
	m	ft	
17L/35R	3 920	12 861	Asfalt
17R/35L	3 920	12 861	Asfalt

Tab. 3.7. Technické parametry drah letiště Milán

Let je provozován po trati

EHAM SID **LOPIK** UN852 GTQ UQ343 ODINA STAR **LIMC**

Délka trati je 432.7 námořních mil / 801 km.



Obr. 3.8. Schéma trasy letu Amsterdam - Milán

Zpáteční let je provozován po trati

LIMC SID **AOSTA** UM729 ORSUD UQ242 LUL UM624 ROUSY UQ624 BUB UY28
HELEN STAR **EHAM**

Délka trati zpátečního letu je 498.7 námořních mil / 923 km.

Letištní poplatky

Přistávací a vzletové poplatky za 1 tunu maximální vzletové hmotnosti letounu činí 209 Kč.

3.8. Česká republika - Praha

Mezinárodní letiště Václava Havla je umístěné na severozápadním okraji Prahy. Letiště je využíváno nákladními dopravci Air Contractors, Farnair Switzerland, Genex, China Airlines, TNT Airways.

Počet tulipánů, které jsou 2x týdně přepravovány je 95 tisíc. Tento počet zajistí naplnění poptávky v dané destinaci.

Nadmořská výška letiště je 280 m. IATA kód: PRG, ICAO kód: LKPR.

Technické parametry drah

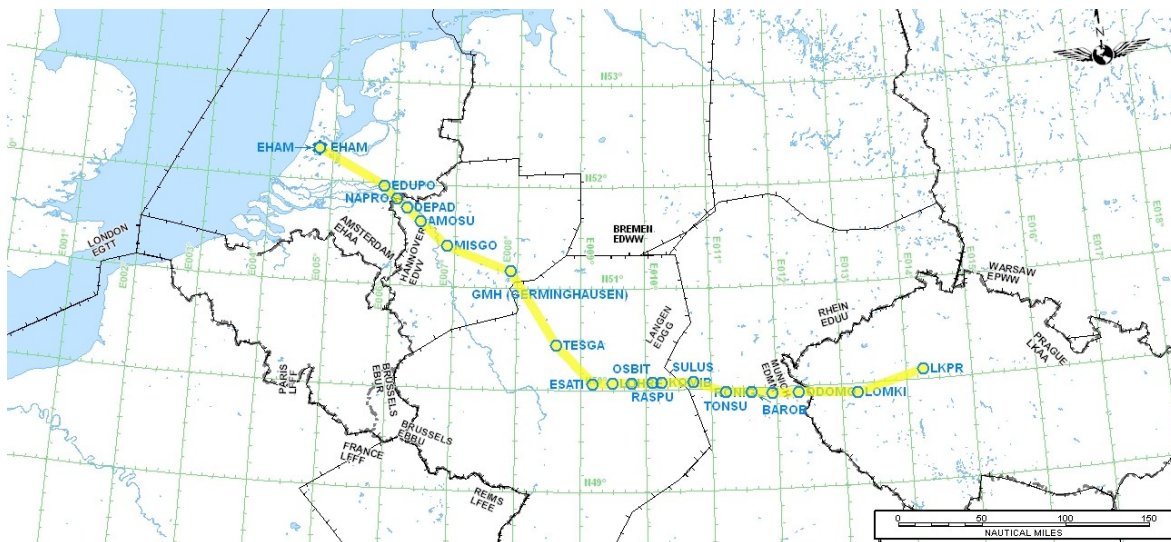
Vzletové a přistávací dráhy			
Směr	Délka		Povrch
	m	ft	
06/24	3 715	12 188	Beton
12/30	3 250	10 662	Beton

Tab. 3.8. Technické parametry drah letiště Praha

Let je provozován po trati

EHAM SID EDUPO UZ738 MISGO UZ741 GMH UL603 ESATI UL984 SULUS
UZ650 TONSU UZ35 LOMKI STAR **LKPR**

Délka trati je 418.3 námořních mil / 774 km.



Obr. 3.9. Schéma trasy letu Amsterdam - Praha

Zpáteční let je provozován po trati

LKPR SID BALTU UL984 DONAD UL602 RKN STAR EHAM

Délka trati zpátečního letu je 388.5 námořních mil / 719 km.

Letištní poplatky

Přistávací a vzletové poplatky, pro letoun jehož maximální vzletová hmotnost se pohybuje v rozmezí od 10 tun do 24 tun, se stanoví z tohoto kalkulačního vzorce:

$$2\,146\,Kč + (MTOW - 9t) \times 212\,Kč$$

4. Výběr letounů pomocí metod vícekritériálního rozhodování

Pro uskutečnění výběru letounů, pomocí metod vícekritériálního rozhodování, jsem sestavila množinu letadel, ze které bude výběr realizován.

4.1. Množina letounů

Letouny jsou určeny především na středně dlouhé tratě a jsou schopny přepravit náklad do hmotnosti 6.5 tuny.

4.1.1. AN - 26B



Obr. 4.1. AN - 26B

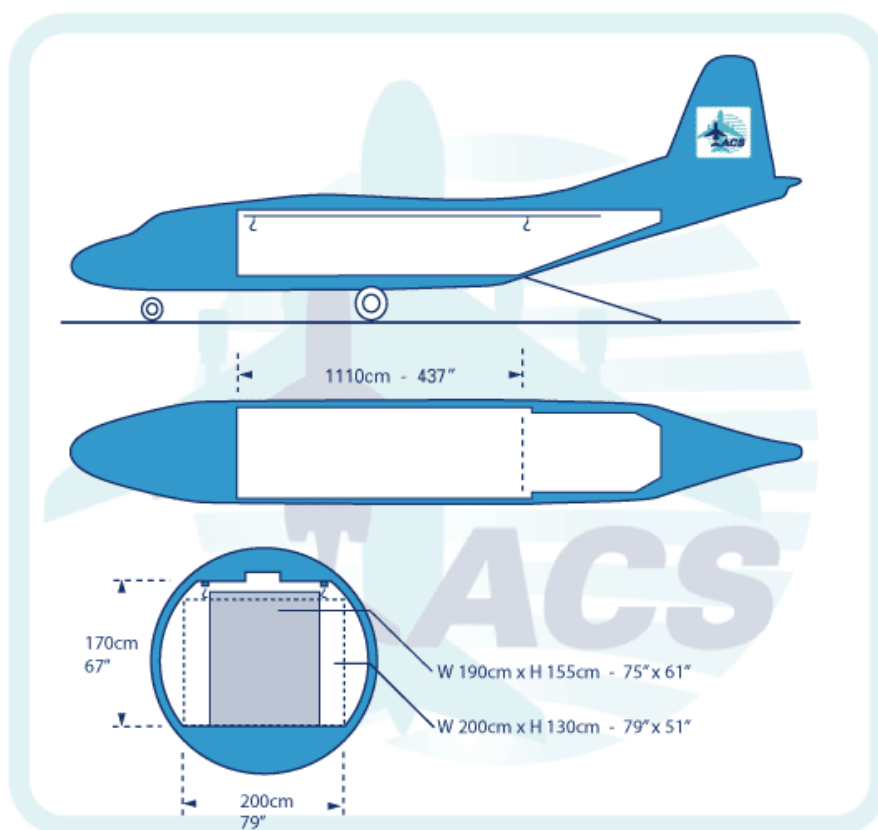
AN-26B je hornoplošník se dvěma turbovrtulovými motory Progress AI-24VT o výkonu 2 x 2820 koní. Pravá gondola s motorem obsahuje pomocný, přídavný proudový motor, který je používán při startu letounu. Letoun je určen na krátké a středně dlouhé tratě. Výroba nákladní verze AN-26B začala roku 1981, jako vývojové pokračování letounu AN-24. Tento typ letounů má také ve své flotile mezinárodní nákladní přepravní společnost DHL a společnost Raf Avia.



Obr. 4.2. AN - 26B, náklad letadla

Technické parametry

Maximální hmotnost nákladu	6.3 tun
Maximální dolet	1 240 km
Spotřeba paliva	1 035 l/hod
MTOW	24 tun
Objem nákladového prostoru	37 m ³
Požadovaná délka dráhy	1 800 m
Rozměry nákladového prostoru	11.1 m x 2.20 m x 1.60 m
Cestovní rychlost	450 km/hod
Maximální množství paliva	5.7 tun



Obr. 4.3. Rozměry AN - 26B [41]

4.1.2. AN 74 - 200



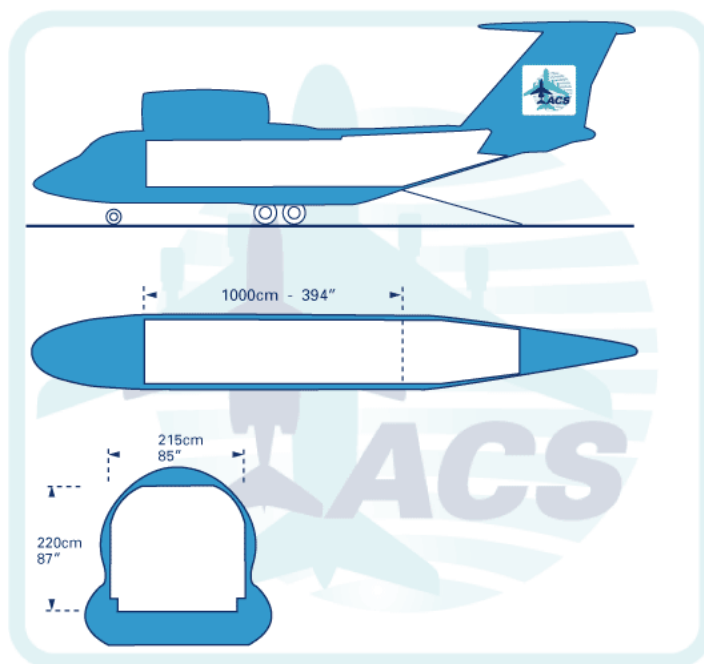
Obr. 4.4. AN 74-200

Antonov 74 je hornoplošník poháněný dvěma proudovými motory Lotarev D-36. Předchůdcem AN-74 byl letoun AN-72. První prototyp AN-72 vzlétl roku 1977. První let AN-74 se uskutečnil 29.9.1983.

Následně vzniklo několik typů tohoto letounu. Letoun je určen na středně dlouhé tratě a to ve všech klimatických podmínkách s teplotami od -60°C až do $+45^{\circ}\text{C}$.

Technické parametry

Maximální hmotnost nákladu	7 tun
Maximální dolet	1 800 km
Spotřeba paliva	1 400 l/hod
MTOW	34 tun
Objem nákladového prostoru	45 m^3
Požadovaná délka dráhy	2 200 m
Rozměry nákladového prostoru	10.5 m x 2.15 m x 2.20 m
Cestovní rychlost	720 km/hod
Maximální množství paliva	12 tun



Obr. 4.5. AN 74-200 [42]

4.1.3. Saab 340F



Obr. 4.6. Saab 340F

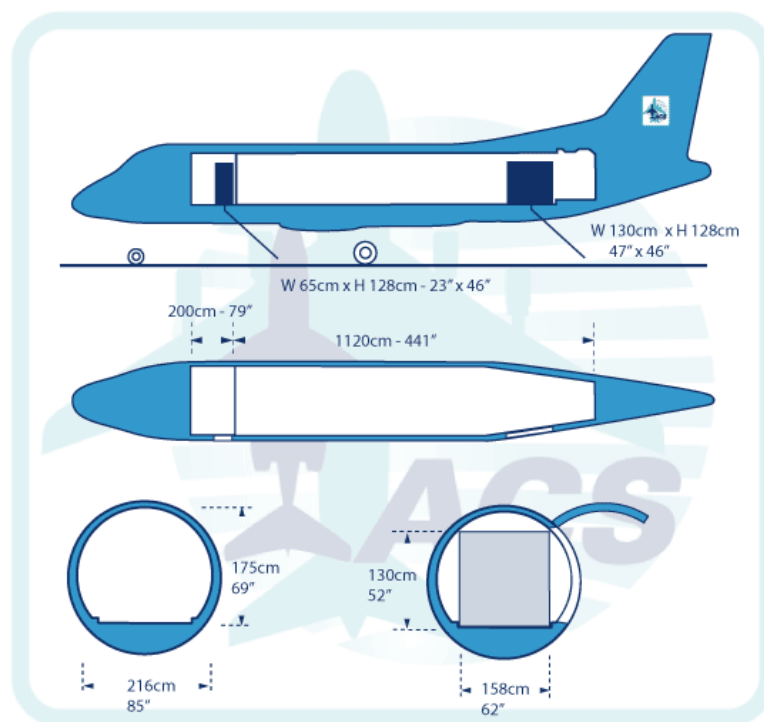
Saab 340F je samonosný hornoplošník s dvěma turbovrtulovými motory General Electric GE CT7-5A2. Letoun je určen na krátké tratě do 1 000 km.

Saab 340F byl do provozu uveden 14.6.1984, původně vznikl ve spolupráci s americkou firmou Fairchild, nakonec se z něj stal pouze švédský projekt, firma Fairchild odstoupila z důvodu nedostatku finančních prostředků. Tento typ letounu má ve své flotile nákladní mezinárodní přepravce Raf Avia.

Technické parametry

Maximální hmotnost nákladu	3,8 tun
Maximální dolet	980 km
Spotřeba paliva	540 l/hod

MTOW	13 tun
Objem nákladového prostoru	36m ³
Požadovaná délka dráhy	1 400 m
Rozměry nákladového prostoru	9.2 m x 1.62 m x 1.30 m
Cestovní rychlost	450 km/hod
Maximální množství paliva	2.6 tun



Obr. 4.7. Rozměry Saab 340F [43]

4.1.4. ATR 42 - 320F



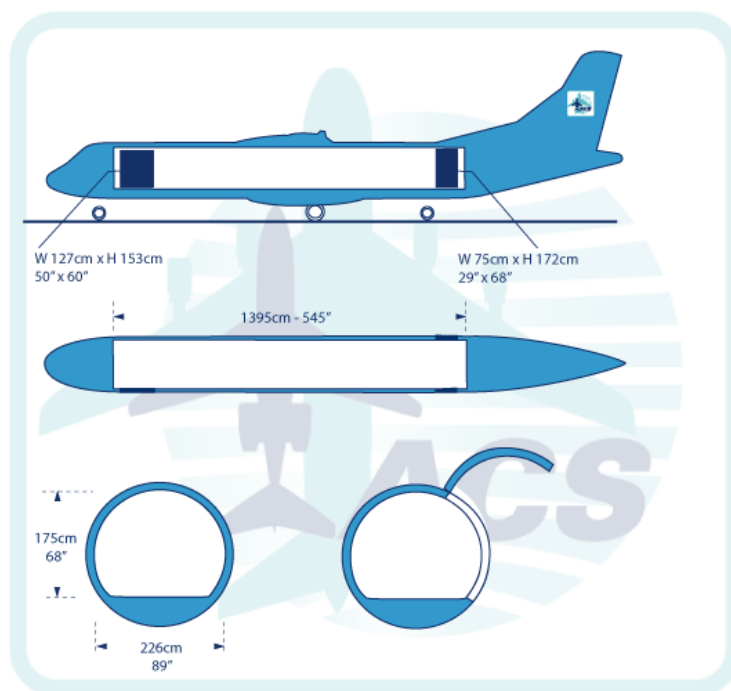
Obr. 4.8 ATR 42 - 320F

ATR 42-320 je hornoplošník poháněn turbovrtulovými motory Pratt and Whitney PW120. Aby se zamezilo nadměrnému hluku, je letoun opatřen hlukovými tlumiči. Letoun je určen na středně dlouhé tratě.

Výroba začala roku 1981 francouzskou firmou Aérospatiale a italskou firmou Alenia, výsledkem této spolupráce jsou letouny Avions de Transport Régional. Následně byly vyrobeny verze ATR 42-320/500/600. Nejnovější verzí je ATR 42-600, jejichž dodávka začala v březnu roku 2012.

Technické parametry

Maximální hmotnost nákladu	5.5 tun
Maximální dolet	1 120 km
Spotřeba paliva	620 l/hod
MTOW	16.9 tun
Objem nákladového prostoru	54 m ³
Požadovaná délka dráhy	1 165 m
Rozměry nákladového prostoru	13.85 m x 2.26 m x 1.75 m
Cestovní rychlost	463 km/hod
Maximální množství paliva	4.5 tun



Obr. 4.9. Rozměry ATR 42 - 320F [45]

4.1.5. ATR 72 - 200F



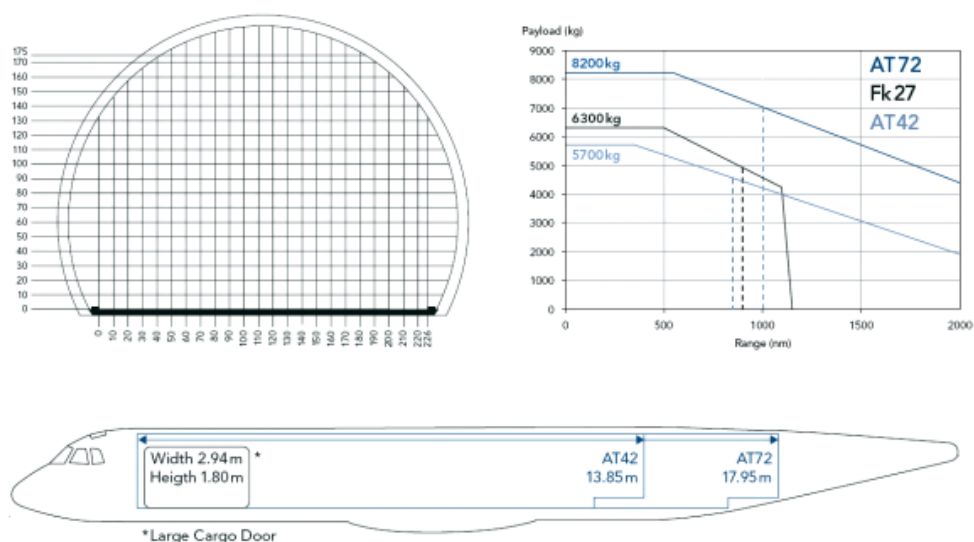
Obr. 4.10. ATR 72 - 200F

Je turbovrtulový hornoplošník s dvěma turbovrtulovými motory Pratt and Whitney PW124B. ATR 72 se stal následníkem ATR 42. Letoun je určen na středně dlouhé tratě.

Jeho výroba začala roku 1986. Následně vzniklo několik typů ATR 72-100/200P210/500/600/ASW/F. Verzi ASW využívá armáda v boji proti ponorkám a hladinovým plavidlům. Nákladní verze F se liší velkými předními nákladovými dveřmi. Ve své flotile mají tento typ nákladní společnosti, kterými jsou FedEx, DHL a UPS:

Technické parametry

Maximální hmotnost nákladu	8.2 tun
Maximální dolet	1 850 km
Spotřeba paliva	700 l/hod
MTOW	21 tun
Objem nákladového prostoru	75.5 m ³
Požadovaná délka dráhy	1 250 m
Rozměry nákladového prostoru	17.95 x 2.94 x 1.80 m
Cestovní rychlost	513 km/hod
Maximální množství paliva	5 tun



Obr. 4.11. Rozměry ATR 72 - 200F [46]

4.1.6. Fokker F - 27



Obr. 4.12. Fokker F - 27

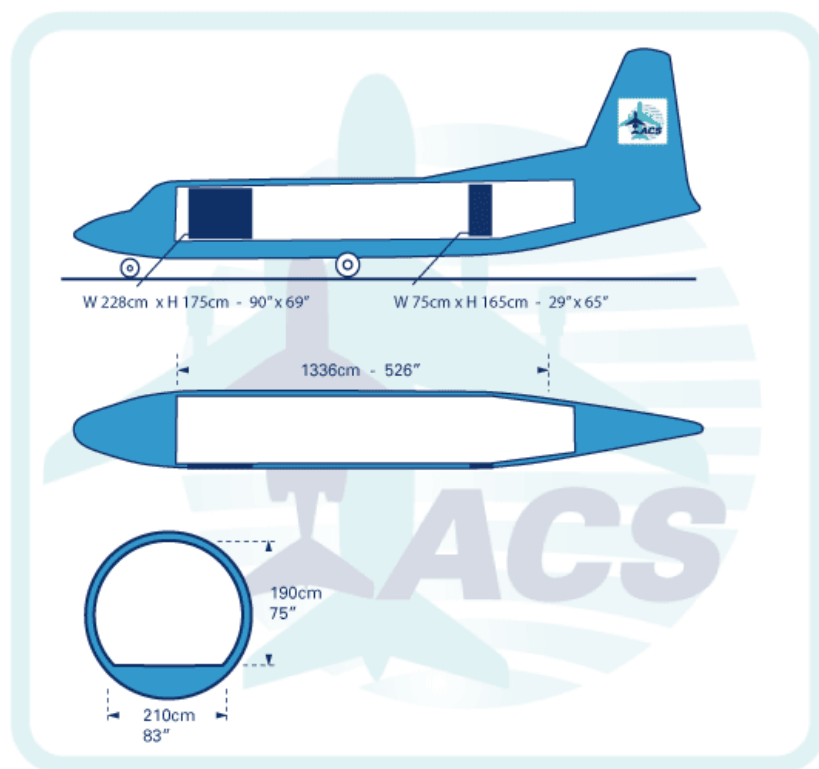
Fokker F-27 je hornoplošník poháněný dvěma turbovrtulovými motory firmy Rolls Royce Darts. Letoun je určen na středně dlouhé tratě.

První let prototypu se uskutečnil 24.11.1955. Následně vzniklo několik verzí F-27, jak pro přepravu cestujících tak i čistě nákladní verze. Díky vysokému počtu prodaných letadel se stal Fokker F-27 jedním z nejúspěšnějších turbovrtulových letadel. Letoun F-27 má také ve své flotile také logistická firma FedEx.

Technické parametry

Maximální hmotnost nákladu	5,7 tun
Maximální dolet	1 741 km
Spotřeba paliva	900 l/hod
MTOW	20 tun

Objem nákladového prostoru	53 m ³
Požadovaná délka dráhy	1 003 m
Rozměry nákladového prostoru	13.36 m x 2.10 m x 1.90 m
Cestovní rychlost	486 km/hod
Maximální množství paliva	5.14 tun



Obr. 4.13. Rozměry Fokker F - 27 [44]

4.1.7. Raytheon 1900 D



Obr. 4.14. Raytheon 1900D

Raytheon 1900D je turbovrtulový dolnoplošník poháněný motory Pratt and Whitney PT6A-7D.

První let se uskutečnil 3.9.1982, ještě pod názvem Beechcraft 1900. Následně vznikly dvě verze Beechcraft 1900C a 1900D. Březnu roku 1989 se začaly vyrábět verze s vysokým hřbetem, který byl oproti původnímu hřbetu zvýšen o 0.36 m. Pro zvýšení výkonu ve vyšších výškách byly na křídlech nainstalovány winglety. Od roku 1994 se Beech začal prodávat pod názvem Raytheon. Nalezneme jej také ve flotile společnosti DHL.



Obr. 4.15. Nákladový prostor, Raytheon 1900D

Technické parametry

Maximální hmotnost nákladu	2.65 tun
Maximální dolet	2 700 km
Spotřeba paliva	285 l/ hod
MTOW	7,7 tun
Objem nákladového prostoru	23 m ³
Požadovaná délka dráhy	1 139 m
Rozměry nákladového prostoru	10.34 m x 1.37 m x 1.24 m
Cestovní rychlost	504 km/hod
Maximální množství paliva	2.2 tuny

4.1.8. Falcon Cargo Jet



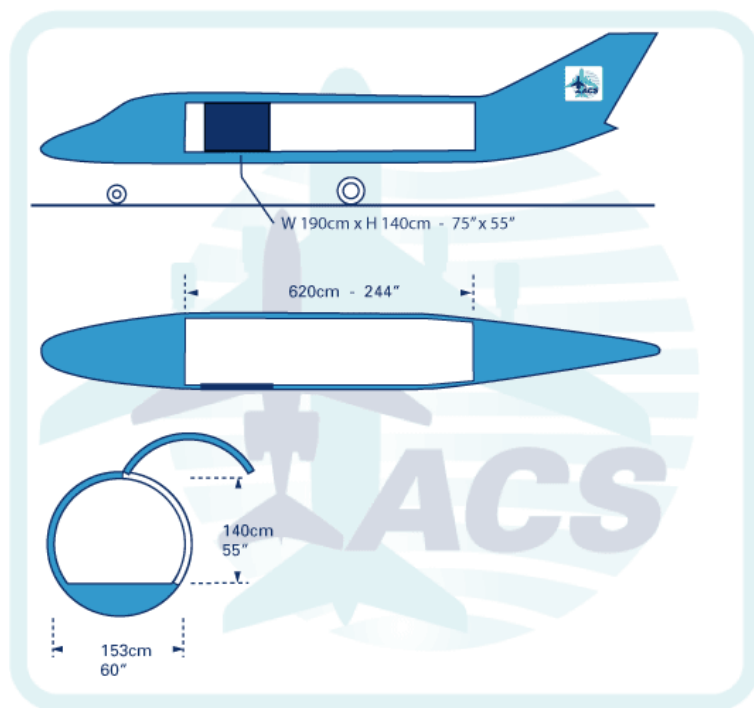
Obr. 4.16. Falcon Cargo Jet

Falcon Cargo Jet je nákladní verzi letadla Falcon 20. Je to dvoumotorový proudový letoun poháněn motory Garret ATF-6A.

Výrobce je francouzská firma Dassault Aviation. K prvnímu letu došlo 1.1.1965. Letoun je určen na dlouhé tratě, jeho maximální dolet je 4 650 km. Velký počet těchto letadel zakoupila do své flotily firma FedEx.

Technické parametry

Maximální hmotnost nákladu	2.5 tun
Maximální dolet	4 650 km
Spotřeba paliva	348 l/hod
MTOW	13 tun
Objem nákladového prostoru	14 m ³
Požadovaná délka dráhy	1658 m
Rozměry nákladového prostoru	6.2 m x 1.53 m x 1.4 m
Cestovní rychlost	870 km/hod
Maximální množství paliva	3 tuny



Obr. 4.17. Rozměry Falcon Cargo Jet [48]

4.1.9. BAe 748



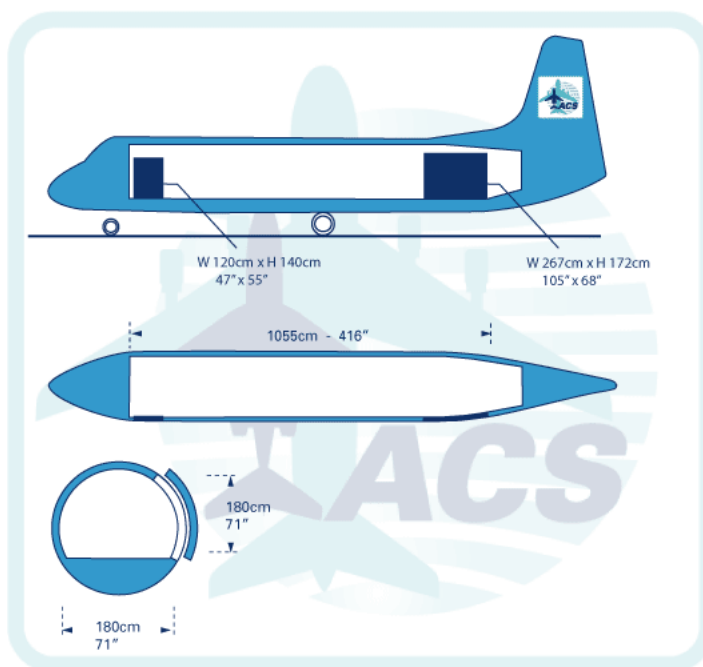
Obr. 4.18. BAe 748

BAe 748 je dolnoplošník poháněn dvěma turbovrtulovými motory Rolls Royce Darts 532-2. Letoun je určen na středně dlouhé tratě.

Vývoj tohoto letounu byl započat roku 1958, původně byl letoun vyvíjen firmou Avro. V roce 1960 firmu Avro zakoupila firma Hawker Siddeley a letouny se následně začaly vyrábět pod tímto jménem. Avšak 29.4.1977 byla firma Hawker Siddeley zařazena pod společnost British Aerospace a dřívější Avro bylo opět přejmenováno, tentokrát na BAe 748. Tento letoun patří do flotily nákladní společnosti DHL.

Technické parametry

Maximální hmotnost nákladu	6 tun
Maximální dolet	1 715 km
Spotřeba paliva	1 077 l/hod
MTOW	22 tun
Objem nákladového prostoru	34 m ³
Požadována délka dráhy	1 134 m
Rozměry nákladového prostoru	10.55 m x 1.8 m x 1.8 m
Cestovní rychlost	452 km/hod
Maximální množství paliva	5.7 tun



Obr. 4.19. Rozměry BAe 748 [49]

4.1.10. Dash 8 - 300



Obr. 4.20. Dash 8 - 300

Dash 8-300 je hornoplošník poháněný dvěma turbovrtulovými motory Pratt and Whitney Canada PW100. Zvláštním rysem letadla je konický tvar přídě. Trup je téměř kruhového průřezu, jeho konstrukce je konveční s lepenými podélnými nosníky a místními zesíleními.

Dash 8 byl vyvinut ze svého předchůdce De Havilland Dash 7. Ke svému prvnímu letu vzlétl 20.6.1983. Tento Kanadský dvoumotorový letoun je určen pro regionální provoz. Vyrábí se také nákladní verze tohoto letounu.

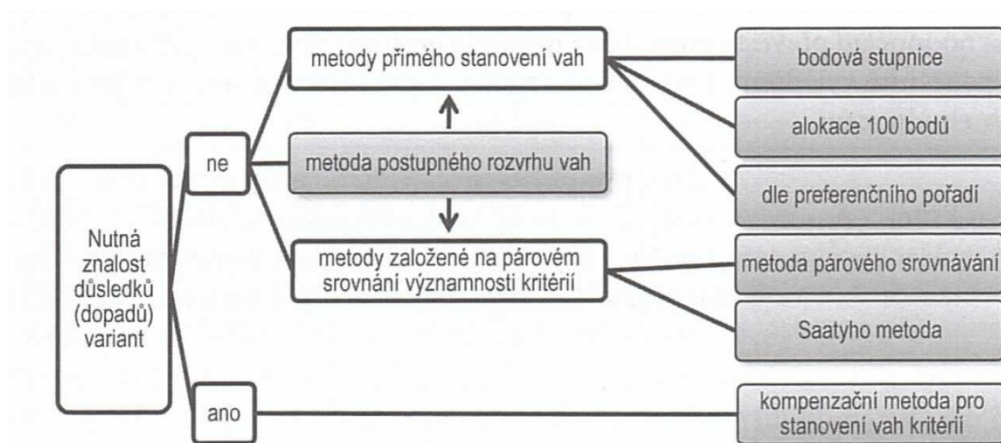
Technické parametry

Maximální hmotnost nákladu	6 tun
Maximální dolet	1 388 km
Spotřeba paliva	790 litru za hodiny
MTOW	20 tun
Objem nákladového prostoru	72 m ³
Požadovaná délka dráhy	1 178 m
Rozměry nákladového prostoru	15.14 m x 2,46 m x 1.96 m
Cestovní rychlost	514 km/hod
Maximální množství paliva	5.5 tun

4.2. Metody stanovení vah kritérií

Váhy kritérií jsou vyjádřeny číselně a jsou odrazem jejich významnosti neboli důležitosti. Čím je kritérium významnější, tím je jeho váha vyšší. A naopak, méně významnému kritériu je přisouzena menší váha. Aby bylo dosaženo lehčí srovnatelnosti vah souboru kritérií, váhy se normují tak, aby jejich součet byl roven jedné. [8]

Některé metody vícekritériálního hodnocení variant vyžadují stanovení vah jednotlivých kritérií.



Obr. 4.21. Metody stanovení vah kritérií [8]

Při stanovení vah jednotlivých kritérií dochází k přímému posuzování jejich významnosti.

Bodovací metoda - Postup spočívá v přiřazení určitého počtu bodů, z námi zvolené stupnice, každému kritériu. Stupnice s nižší rozlišovací schopností je například pětibodová stupnice, naopak s vyšší rozlišovací schopností je stupnice desetibodová. Čím vyšší bodové ohodnocení tím je váha daného kritéria větší. Přidělený počet bodů se převádí na normovanou váhu dle vzorce: [13]

$$v_i = \frac{b_i}{\sum i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.1)$$

Alokace 100 bodů - Neboli Metfesselova alokace. Důležitost kritéria se ohodnotí počtem bodů od 0 do 100, čím je kritérium významnější, tím více bodů mu je přiřazeno. Součet bodů přiřazených všem kritériím musí být 100. Normované váhy se vypočítají jako podíl bodů přiřazených i tému kritériu a součtu všech bodů. [11]

$$v_i = \frac{b_i}{\sum i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

Dle preferenčního pořadí Kritéria nejprve seřadíme podle pořadí od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Máme k kritérií, nejdůležitější kritérium je ohodnoceno body ($b_i = k$), druhé nejdůležitější $k - 1$ body ($b_i = k - 1$), atd. až poslední nejméně důležité kritérium ohodnotíme jedním bodem ($b_i = 1$). Pokud máme kritéria stejně důležité, obodujeme je příslušným průměrem. [11]

Váhu příslušného kritéria pak dostaneme podle vztahu

$$v_i = b_i / \sum_{i=1}^k b_i \quad (4.3)$$

kde $\sum_{i=1}^k b_i$ je součtem bodů rozdělených mezi jednotlivá kritéria. Pro tento součet platí

$$\sum_{i=1}^k b_i = k \frac{k+1}{2} \quad (4.4)$$

Metoda párového srovnávání - Fullerova metoda, při větším počtu kritérií je výhodné srovnávat navzájem vždy pouze dvě kritéria, o kterých snáze rozhodneme, které je důležitější. Vyhodnocení těchto srovnání poskytuje tzv. Fullerův trojúhelník. Fullerův trojúhelník je tvořen dvojřádky, v nichž každá dvojice kritérií se vyskytne právě jednou. U každé dvojice hodnotitel zakroužkuje nebo jinak vyznačí číslo daného kritéria, které považuje za důležitější, takže pro kritérium K_j představuje počet zakroužkovaných čísel j počet jeho preferencí, který označíme f_j . Protože při počtu kritérií n je počet párových srovnání roven kombinačnímu číslu, tj. pro normovanou váhu kritéria K_j platí: [11]

$$w_j = \frac{f_j}{\frac{n(n-1)}{2}}, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.5)$$

Poté pro každé kritérium spočítáme kolikrát je označené jako preferované před jiným kritériem. Nevýhodou metody párového srovnávání je skutečnost, že nejméně důležité kritérium má nulovou váhu, i když nemusí jít o zcela bezvýznamné kritérium. Tento nedostatek lze odstranit tak, že četnost preferencí každého kritéria zvýšíme o 1 a jmenovatele zlomku ve výše uvedeném vzorci zvýšíme o n . [11]

Saatyho metoda - Metoda kvantitativního párového srovnávání

Tato metoda slouží k určení vah kritérií. Jedná se o metodu kvantitativního párového porovnávání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání kritérií se používá devítibodová stupnice a je možné používat i mezistupně (hodnoty 2, 4, 6, 8). Sudý počet bodů vyjadřuje mezistupně a slouží k jemnějšímu rozlišení preferencí. [11]

Vyjádření preferencí	
číselné	slovní
1	kritéria jsou stejně významná
3	první kritérium je slabě významnější než druhé
5	první kritérium je silně významnější než druhé
7	první kritérium je velmi silně významnější než druhé
9	první kritérium je absolutně významnější než druhé

Tab. 4.1. Vyjádření preferencí kritérií Saatyho metodou [11]

Velikost preferencí i -tého kritéria proti j -tému můžeme uspořádat do Saatyho matice S , jejíž prvky s_{ij} představují odhady podílů vah kritérií (kolikrát je jedno kritérium významnější než druhé)

$$s_{ij} \approx \frac{V_i}{V_j}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.6)$$

Matice S je čtvercová řádu $n \times n$ a pro prvky matice S platí

$$s_{ij} = \frac{1}{s_{ji}}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.7)$$

tedy matice S je reciproční. Na diagonále matice S jsou vždy hodnoty jedna (každé kritérium je samo sobě rovnocenné). [11]

Dříve než se počítají váhy jednotlivých kritérií, je nutné ověřit, zda zadaná matice párových porovnávání je konzistentní. Prvky této matice nebývají většinou dokonale konzistentní, tzn., že neplatí $s_{hj} = s_{hi} \times s_{ij}$ pro všechna $h, i, j = 1, 2, \dots, n$. Taková matice by byla dokonale konzistentní. Prvky matice S nejsou většinou dokonale konzistentní. Míra konzistence se měří indexem konzistence: [11]

$$I_s = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4.8)$$

kde λ_{max} je největší vlastní číslo matice S a n je počet kritérií, matice S je dostatečně konzistentní jestliže $I_s < 0,1$

Nejčastěji se používá postup výpočtu vah jako normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice. [11]

Hodnoty b_i vypočteme jako geometrický průměr řádků Saatyho matice.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n S_{ij}} \quad (4.9)$$

Váhy se pak vypočtou normalizací hodnot b_i

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (4.10)$$

4.3. Metody stanovení pořadí variant

Při řešení rozhodovacích problémů se často setkáváme s případy, kdy optimální rozhodnutí musí vyhovovat více než jednomu kritériu. [10]

Cílem metod vícekritériálního hodnocení variant je stanovení pořadí výhodnosti jednotlivých variant z hlediska zvolených kritérií, při čemž varianta s nejlepším umístěním představuje nejlepší kompromisní variantu. Metody pro výběr kompromisní varianty mezi nedominovanými variantami se liší přístupem k pojmu "kompromisní varianta", náročností a použitelností pro různé typy vícekritériálních úloh. Výsledky získané různými metodami mají tedy subjektivní charakter a mohou se navzájem lišit. [10]

Metody je možné rozdělit podle toho, jaký typ informace vyžadují.

- Metody vyžadující aspirační úrovně kritériálních hodnot: Do této skupiny metod patří například konjunktivní metoda, disjunktivní metoda a metoda PRIAM. Informace o důležitosti kritérií je vyjádřena aspirační úrovní kritérií. Porovnávají se kritériální hodnoty všech variant s aspiračními úrovněmi všech kritérií. Obvykle se rozdělí skupina variant na dvě skupiny. Varianty, které mají horší kritériální hodnoty, než je nastavená aspirační úroveň (neakceptovatelné, neefektivní) a varianty, které mají lepší nebo stejné kritériální hodnoty, než je aspirační úroveň (akceptovatelné, efektivní). Při dostatečném zpřísnění aspiračních úrovní může v množině akceptovatelných variant zůstat varianta jediná, kterou označíme jako kompromisní. [10]

- Metody vyžadující ordinální informace o variantách podle každého kritéria
Jsou to například metoda pořadí, lexikografická metoda, permutační metoda, metoda ORESTE. [10]
- Metody vyžadující kardinální informace o variantách podle každého kritéria
Tato skupina metod se dále rozděluje na dílčí podskupiny podle principu, na kterém jsou hodnocení založena. Existují tyto základní přístupy:
 - maximalizace užitku (metoda váženého součtu, metoda bazické varianty, metoda AHP, metoda bodovací)
 - minimalizace vzdálenosti od ideální varianty, popř. maximalizace vzdálenosti od bazální varianty (TOPSIS)
 - preferenční relace (ELECTRE, PROMETHEE)
 - metody založené na mezní míře substituce (metoda postupné substituce)
 [10]

4.3.1. Výběr vhodného letounu na lince Amsterdam - Vilnius

Délka trati, včetně nejvzdálenějšího záložního letiště činí 1 420 km. Letadlem bude přepravováno 120 000 tulipánů, což je 12 000 balení po 10. kusech. Hmotnost jednoho tulipánu je průměrně 35g, celková hmotnost nákladu se tedy pohybuje okolo 4.3 tun. Potřebný objem nákladového prostoru letounu pro uskutečnění přepravy musí být minimálně 50 m³.

Nejvýznamnějším kritériem je pro nás dolet letounu, objem nákladového prostoru a maximální hmotnost nákladu, který je letoun schopen přepravit. O něco méně významným kritériem je hodinová spotřeba paliva poté maximální vzletová hmotnost a nakonec cestovní rychlost letounu.

Pro stanovení vah jednotlivých kritérií jsem použila Saatyho metodu.

Stanovení kritérií

K1	Dolet letounu	K2	Max. hmotnost nákladu
K3	MTOW	K4	Hodinová spotřeba paliva
K5	Objem nákladového pros.	K6	Cestovní rychlost

Hodnoty b_i vypočteme jako geometrický průměr řádků Saatyho matice.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad (4.11)$$

Váhy se pak vypočtou normalizací hodnot b_i

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (4.12)$$

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	b_i	v_i
K1	1	1	3	2	1	6	1,817	0,24
K2	1	1	3	2	1	6	1,817	0,24
K3	1/3	1/3	1	1/2	1/3	5	0,671	0,09
K4	1/2	1/2	2	1	1/2	5	1,037	0,14
K5	1	1	3	2	1	6	1,817	0,24
K6	1/6	1/6	1/5	1/5	1/6	1	0,238	0,032
						Σ	7.39	1

Tab. 4.2. Stanovení vah kritérií Saatyho metodou

K výběru vhodného letounu jsem použila metodu bazické varianty:

Za bazickou variantu je považována varianta, která dosahuje nejlepších či předem stanovených hodnot z hlediska všech kritérií. Vytvoření užitékové funkce s využitím bazické varianty spočívá v porovnávání hodnot důsledků jednotlivých variant s odpovídajícími hodnotami v bazické variantě. [8]

Kritéria jsou rozdělena na výnosová a nákladová. U kritérií nákladového typu je snahou dosáhnout co nejnižších hodnot a naopak u kritérií výnosového typu chceme dosáhnout hodnot co nejvyšších.

Označíme-li y_j^B hodnotu j-tého kritéria v bazické variantě, pro užitek kritéria výnosového typu při volbě i-té varianty platí:

$$u_{ij} = \frac{y_{ij}}{y_j^B} \quad (4.13)$$

U kritéria nákladového typu je dílčí užitek dán vztahem:

$$u_{ij} = \frac{y_j^B}{y_{ij}} \quad (4.14)$$

Následně pro jednotlivé varianty spočítáme agregované funkce užitku a podle jejich hodnot varianty seřadíme.

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j u_{ij} \quad (4.15)$$

Pro výběr vhodného letounu na trase Amsterdam - Vilnius jsem použila metodu bazické varianty. Bazickou variantu jsem nastavila na úroveň ideální varianty:

$$z = (4650; 8.2; 7.7; 285; 75.5; 870).$$

Dále jsem stanovila typ kritérií a váhy kritérií jsem přebrala z výpočtu Saatyho metodou.

K1	Dolet letounu	K2	Max. hmotnost nákladu
K3	MTOW	K4	Hodinová spotřeba paliva
K5	Objem nákladového pros.	K6	Cestovní rychlost

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6
AN 26B	1240 km	6.3 tun	24 tun	1035 l/h	37m ³	450 km/h
AN 74 – 200	1800 km	7 tun	34 tun	1400 l/h	45 m ³	720 km/h
Saab 340F	980 km	3,8 tun	13 tun	540 l/h	36 m ³	450 km/h
ATR 42 – 320	1120 km	5.5 tun	16.9 tun	620 l/h	54 m ³	463 km/h
ATR 72 – 200	1850 km	8.2 tun	21 tun	700 l/h	75.5 m ³	513 km/h
Fokker 27	1741 km	5.7 tun	20 tun	900 l/h	53 m ³	486 km/h
Raytheon 1900	2700 km	2.65 tun	7,7 tun	285 l/h	23 m ³	504 km/h
Falcon	4650 km	2.5 tun	13 tun	348 l/h	14 m ³	870 km/h
Bae 748	1715 km	6 tun	22 tun	1077 l/h	34 m ³	452 km/h
Dash 8 – 300	1388 km	6 tun	20 tun	790 l/h	72 m ³	514 km/h
Bazická v.	4650 km	8.2 tun	7.7 tun	285 tun	75.5 m ³	870 km/h
Typ kritéria	výnosový	výnosový	nákladový	nákladový	výnosový	výnosový
Váhy v_j	0,24	0,24	0,09	0,14	0,24	0,03

Tab. 4.3. Kriteriační matice

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	$u(a_i)$	Pořadí
AN 26B	0.266	0.768	0.320	0.275	0.490	0,517	0.4485	9.
AN 74 – 200	0.387	0.853	0.226	0.203	0.596	0,827	0.5142	7.
Saab 340F	0.210	0.463	0.592	0.527	0.476	0,517	0.4183	10.
ATR 42 - 320F	0.240	0.670	0.455	0.459	0.715	0,532	0.5111	8.
ATR 72 - 200F	0.397	1	0.366	0.407	1	0.589	0.6828	1.
Fokker 27	0.374	0.695	0.385	0.316	0.768	0,558	0.5365	5.
Raytheon 1900	0.580	0.323	1	1	0.304	0,579	0.5370	4.
Falcon	1	0.304	0.592	0.818	0,185	1	0.5551	3.
Bae 748	0.368	0.731	0.35	0.26	0.725	0,519	0.5212	6.
Dash 8 – 300	0.298	0.731	0.385	0.360	0.953	0.590	0.5784	2.

Tab. 4.4. Výsledné pořadí letounů stanovené metodou bazické varianty

Jelikož chceme přepravovat náklad o hmotnosti 4.3 tuny a rozměrech 50 m³, na vzdálenost 1 420 km, musí být vybrán takový letoun, který je schopen uletět tuto vzdálenost a zároveň přepravit požadovaný objem a hmotnost nákladu. Z toho důvodu považujeme za nejdůležitější kritéria, dolet letounu, objem nákladového prostoru a maximální hmotnost přepravovaného nákladu, který je letoun schopen přepravit. Typ těchto kritérií je výnosový, snahou je tyto kritéria maximalizovat.

Po nalezení letounu, který je schopen přepravit náklad na danou vzdálenost, je pro nás, z ekonomického hlediska, důležitá hodinová spotřeba paliva a maximální vzletová hmotnost letounu. Naším cílem je hodnoty těchto nákladových kritérií minimalizovat.

Váhy kritérií jsem stanovila Saatyho metodou a následně byly váhy použity při výběru letounu metodou bazické varianty. Výsledkem této metody je letoun ATR 72 -200F.

4.3.2 Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Drážďany

Délka trati, včetně nejvzdálenějšího záložního letiště činí 700 km. Letadlem bude přepravováno 65 000 tulipánů, což je 6 500 balení po 10. kusech. Hmotnost jednoho tulipánu je průměrně 35g, celková hmotnost nákladu se tedy pohybuje okolo 2.35 tun. Potřebný objem nákladového prostoru letounu pro uskutečnění přepravy musí být minimálně 28.5 m³.

Nejvýznamnějším kritériem je objem nákladového prostoru a spotřeba paliva. Méně významným kritériem je maximální vzletová hmotnost letounu, cestovní rychlost a maximální hmotnost přepravovaného nákladu. Kritérium doletu letounu pro tuto linku nepovažuji za významné, jelikož všechny letouny ze stanovené množiny jsou schopny tuto vzdálenost uletět.

Pro stanovení vah jednotlivých kritérií jsem použila metodu pořadí

Kritéria nejprve seřadíme dle pořadí od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Máme k kritérií, nejdůležitější kritérium je ohodnoceno body ($b_i = k$), druhé nejdůležitější $k - 1$ body ($b_i = k - 1$), atd. až poslední nejméně důležité kritérium ohodnotíme jedním bodem ($b_i = 1$). Pokud máme kritéria stejně důležitá, obodujeme je příslušným průměrem. [13]

Váhu příslušného kritéria pak dostaneme podle vztahu

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i} \quad (4.16)$$

kde $\sum_{i=1}^k b_i$ je součtem bodů rozdělených mezi jednotlivá kritéria. Pro tento součet platí

$$\sum_{i=1}^k b_i = k \frac{k+1}{2} \quad (4.17)$$

Stanovení kritérií

K1	Objem nákladového prostoru	K2	Hodinové spotřeba paliva
K3	MTOW	K4	Cestovní rychlost
K5	Max. hmotnost nákladu		

	K1	K2	K3	K4	K5	
Pořadí	1	1	3	4	5	
Hodnota b_i	4.5	4.5	3	2	1	$\Sigma 15$
Váhy v_i	0.3	0.3	0.2	0.14	0.06	$\Sigma 1$

Tab. 4.5. Stanovení vah kritérií metodou pořadí

K výběru vhodného letounu jsem použila metodu pořadí:

Stanovila jsem pořadí kritérií podle toho, jak vnímám jejich důležitost. Nejlepší varianta má nejnižší součet bodů.

K1	Objem nákladového prostoru	K2	Hodinové spotřeba paliva
K3	MTOW	K4	Cestovní rychlost
K5	Max. hmotnost nákladu		

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5
AN 26B	37m ³	1035 l/h	24 tun	450 km/h	6.3 tun
AN 74 - 200	45 m ³	1400 l/h	34 tun	720 km/h	7 tun
Saab 340F	36 m ³	540 l/h	13 tun	450 km/h	3,8 tun
ATR 42 - 320F	54 m ³	620 l/h	16.9 tun	463 km/h	5.5 tun
ATR 72 - 200F	75.5 m ³	700 l/h	21 tun	513 km/h	8.2 tun
Fokker 27	53 m ³	900 l/h	20 tun	486 km/h	5.7 tun
Raytheon 1900	23 m ³	285 l/h	7,7 tun	504 km/h	2.65 tun
Falcon	14 m ³	348 l/h	13 tun	870 km/h	2.5 tun
BAe 748	34 m ³	1077 l/h	22 tun	452 km/h	6 tun
Dash 8 - 300	72 m ³	790 l/h	20 tun	514 km/h	6 tun

Tab. 4.6. Kriteriační matice

Matice pořadí bez užití vah jednotlivých kritérií:

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	Součet	Pořadí
AN 26B	1	8	9	6	8	32	8. - 9.
AN 74 - 200	4	10	10	2	9	35	10.
Saab 340F	1	2	2	6	3	14	1.
ATR 42 - 320F	5	4	4	6	4	23	4.
ATR 72 - 200F	7	5	7	3	10	32	8. - 9.
Fokker 27	5	7	5	6	4	27	5. - 6.
Raytheon 1900	9	1	1	3	1	15	2.
Falcon	10	2	2	1	1	16	3.
BAe 748	1	9	8	6	6	30	7.
Dash 8 - 300	7	6	5	3	6	27	5. - 6.

Tab. 4.7. Výsledné pořadí letounů bez užití vah kritérií stanovené metodou pořadí

Matice pořadí s váhami jednotlivých kritérií:

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	Součet	Pořadí
AN 26B	0.3	2.4	1.8	0.84	0.48	5.82	8.
AN 74 - 200	1.2	3	2	0.28	0.54	7.02	10.
Saab 340F	0.3	0.6	0.4	0.84	0.18	2.32	1.
ATR 42 - 320F	1.5	1.2	0.8	0.84	0.24	4.58	4.
ATR 72 - 200F	2.1	1.5	1.4	0.42	0.6	6.02	9.
Fokker 27	1.5	2.1	1	0.84	0.24	5.68	5. - 6.
Raytheon 1900	2.7	0.3	0.2	0.42	0.06	3.68	2.
Falcon	3	0.6	0.4	0.14	0.06	4.2	3.
BAe 748	0.3	2.7	1.6	0.84	0.36	5.8	7.
Dash 8 - 300	2.1	1.8	1	0.42	0.36	5.68	5. - 6.
Váhy v_i	0.3	0.3	0.2	0.14	0.06		

Tab. 4.8. Výsledné pořadí letounů s užitím vah kritérií stanovené metodou pořadí

Na trase Amsterdam - Drážďany je přepravován náklad o hmotnosti náklad 2.35 tun a rozměrech 28.5 m³. Nejvýznamnější kritériem je pro nás objem nákladového prostoru a spotřeba paliva. Kritérium maximální hmotnosti nákladu, který je letoun schopen přepravit je téměř zanedbatelné, jelikož všechny letoun ze stanovené množiny jsou schopny tento náklad přepravit. V tomto případě nebylo zařazeno kritérium doletu letounu, vzdálenost trati Amsterdam - Drážďany činí pouze 700 km a každý letoun z množiny je schopen tuto vzdálenost uletět. Cílem bylo vybrat takový letoun, který přepraví náklad o daném rozměru a jehož hodinová spotřeba paliva bude minimální.

Váhy kritérií jsem stanovila metodou pořadí a pro výběr letounu jsem také použila metodu pořadí. Při výběru letounu jsem vytvořila matici pořadí bez užití vah a také matici pořadí s váhami jednotlivých kritérií, přesnějších výsledků je dosaženo při užití vah jednotlivých kritérií. V obou případech je výsledkem letoun Saab 340F. V tabulce je možno vidět jak se liší pořadí letoun stanovené metodou pořadí bez užití vah kritérií a metodou pořadí s váhami jednotlivých kritérií.

4.3.3. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Katowice

Délka trati, včetně nejvzdálenějšího záložního letiště činí 1 020 km. Letadlem bude přepravováno 110 000 tulipánů, což je 11 000 balení po 10. kusech. Hmotnost jednoho tulipánu je průměrně 35g, celková hmotnost nákladu se tedy pohybuje okolo 4 tun. Potřebný objem nákladového prostoru pro uskutečnění přepravy musí být minimálně 46 m³.

Nejvýznamnějším kritériem je pro nás objem nákladového prostoru a maximální hmotnost užitečného nákladu, který je letoun schopen přepravit. O něco méně významným kritériem je dolet letounu, hodinová spotřeba paliva, maximální vzletová hmotnost a nakonec cestovní rychlost letounu.

Pro stanovení vah jednotlivých kritérií jsem použila metodu pořadí

Stanovení kritérií

K1	Dolet letounu	K2	Max. hmotnost nákladu
K3	MTOW	K4	Hodinová spotřeba paliva
K5	Objem nákladového pros.	K6	Cestovní rychlost

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	
Pořadí	3	1	5	4	1	6	
Hodnota b_i	4	5.5	2	3	5.5	1	$\Sigma 21$
Váhy v_i	0.19	0.26	0.09	0.14	0.26	0.047	$\Sigma 1$

Tab. 4.9. Stanovení vah kritérií metodou pořadí

K výběru vhodného letounu jsem použila metodu pořadí:

Stanovila jsem pořadí kritérií podle toho, jak vnímám jejich důležitost. Nejlepší varianta má nejnižší součet bodů.

K1	Dolet letounu	K2	Max. hmotnost nákladu
K3	MTOW	K4	Hodinová spotřeba paliva
K5	Objem nákladového pros.	K6	Cestovní rychlost

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6
AN 26B	1240 km	6.3 tun	24 tun	1035 l/h	37m ³	450 km/h
AN 74 - 200	1800 km	7 tun	34 tun	1400 l/h	45 m ³	720 km/h
Saab 340F	980 km	3,8 tun	13 tun	540 l/h	36 m ³	450 km/h
ATR 42 - 320F	1120 km	5.5 tun	16.9 tun	620 l/h	54 m ³	463 km/h
ATR 72 - 200F	1850 km	8.2 tun	21 tun	700 l/h	75.5 m ³	513 km/h
Fokker 27	1741 km	5.7 tun	20 tun	900 l/h	53 m ³	486 km/h
Raytheon 1900	2700 km	2.65 tun	7,7 tun	285 l/h	23 m ³	504 km/h
Falcon	4650 km	2.5 tun	13 tun	348 l/h	14 m ³	870 km/h
BAe 748	1715 km	6 tun	22 tun	1077 l/h	34 m ³	452 km/h
Dash 8 - 300	1388 km	6 tun	20 tun	790 l/h	72 m ³	514 km/h

Tab. 4.10. Kriteriační matice

Matice pořadí bez užití vah jednotlivých kritérií:

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Součet	Pořadí
AN 26B	2	3	9	8	6	6	34	6. - 7.
AN 74 - 200	6	6	10	10	5	2	39	10.
Saab 340F	10	8	2	2	7	6	35	8.
ATR 42 - 320F	1	1	4	4	1	6	17	1.
ATR 72 - 200F	7	7	7	5	3	3	32	5.
Fokker 27	5	1	5	7	1	6	25	3.
Raytheon 1900	8	9	1	1	9	3	31	4.
Falcon	9	10	2	2	10	1	34	6. - 7.
BAe 748	4	3	8	9	8	6	38	9.
Dash 8 - 300	3	3	5	6	3	3	23	2.

Tab. 4.11. Výsledné pořadí letounů bez užití vah kritérií stanovené metodou pořadí

Matice pořadí s váhami jednotlivých kritérií:

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Součet	Pořadí
AN 26B	0.38	0.78	0.81	1.12	1.56	0.282	4.932	4.
AN 74 - 200	1.14	1.56	0.9	1.4	1.3	0.094	6.394	7.
Saab 340F	1.9	2.08	0.18	0.28	1.82	0.282	6.542	8.
ATR 42 - 320F	0.19	0.26	0.36	0.56	0.26	0.282	1.912	1.
ATR 72 - 200F	1.33	1.82	0.63	0.7	0.78	0.141	5.401	5.
Fokker 27	0.95	0.26	0.45	0.98	0.26	0.282	3.182	2.
Raytheon 1900	1.52	2.34	0.09	0.14	2.34	0.141	6.571	9.
Falcon	1.71	2.6	0.18	0.28	2.6	0.047	7.417	10.
BAe 748	0.76	0.78	0.72	1.26	2.08	0.282	5.882	6.
Dash 8 - 300	0.57	0.78	0.45	0.84	0.78	0.141	3.561	3.
Váhy v_i	0.19	0.26	0.09	0.14	0.26	0.047		

Tab. 4.12. Výsledné pořadí letounů s užitím vah kritérií stanovené metodou pořadí

Na trase Amsterdam - Katowice je přepravován náklad o hmotnosti 4 tuny a rozměru 46 m³. Nejvýznamnějším kritériem je objem nákladového prostoru a maximální hmotnost nákladu, který je letoun schopen přepravit. Méně významným kritériem je dolet letounu, jelikož téměř všechny letouny jsou schopny tuto vzdálenost uletět. Z ekonomického hlediska je naší snahou nalézt letoun, jehož spotřeba paliva a maximální vzletová hmotnost bude minimální. Naším cílem je tedy vybrat takový letoun, který přepraví požadovaný náklad na vzdálenost 1 020 km a jehož spotřeba paliva bude minimální.

Váhy kritérií jsem stanovila metodou pořadí a pro výběr letounu jsem také použila metodu pořadí. Při výběru letounu jsem vytvořila matici pořadí bez užití vah a také matici pořadí s váhami jednotlivých kritérií. V obou případech je výsledkem letoun ATR 42 - 320F. V tabulce je možno vidět jak se liší pořadí letounů stanovené metodou pořadí bez užití vah kritérií a metodou pořadí s váhami jednotlivých kritérií, přesnějších výsledků je dosaženo při užití vah jednotlivých kritérií.

4.3.4. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Kodaň

Délka trati, včetně nejvzdálenějšího záložního letiště činí 650 km. Letadlem bude přepravováno 60 000 tulipánů, což je 6000 balení po 10. kusech. Hmotnost jednoho tulipánu je průměrně 35g, celková hmotnost nákladu se tedy pohybuje okolo 2.2 tun. Potřebný objem nákladového prostoru pro uskutečnění přepravy musí být minimálně 27 m³.

Nejvýznamnějším kritériem je pro nás objem nákladového prostoru a spotřeba paliva. O něco méně významným kritériem je maximální vzletová hmotnost letounu. Nejméně významnými kritérii jsou maximální hmotnost nákladu, který je letoun schopen přepravit a cestovní rychlost letounu. Kritérium doletu letounu pro tuto linku nepovažuji za významné, jelikož všechny letouny ze stanovené množiny jsou schopny tuto vzdálenost uletět.

Pro stanovení vah jednotlivých kritérií jsem použila bodovací metodu

Důležitost kritérií jsem ohodnotila počtem bodů, čím je kritérium významnější, tím má větší počet bodů. Přidělený počet bodů jsem následně převedla na normovanou váhu dle vzorce:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.18)$$

Stanovení kritérií

K1	Max. hmotnost nákladu	K2	MTOW
K3	Hodinová spotřeba paliva	K4	Objem nákladového pros.
K5	Cestovní rychlost		

	K1	K2	K3	K4	K5	
Body b_i	2	4	5	5	2	$\Sigma 18$
Váhy v_i	0.11	0.22	0.28	0.28	0.11	$\Sigma 1$

Tab. 4.13. Stanovení vah kritérií bodovací metodou

K výběru vhodného letounu jsem použila bodovací metodu

Při této metodě je každému prvku rozhodovací matice přiřazen určitý počet bodů ze zvolené stupnice. Lepší hodnotě kritéria se přiřadí větší počet bodů.

- K1 Max. hmotnost nákladu K2 MTOW
 K3 Hodinová spotřeba paliva K4 Objem nákladového pros.
 K5 Cestovní rychlost

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5
AN 26B	6.3 tun	24 tun	1035 l/h	37m ³	450 km/h
AN 74 - 200	7 tun	34 tun	1400 l/h	45 m ³	720 km/h
Saab 340F	3,8 tun	13 tun	540 l/h	36 m ³	450 km/h
ATR 42 - 320F	5.5 tun	16.9 tun	620 l/h	54 m ³	463 km/h
ATR 72 - 200F	8.2 tun	21 tun	700 l/h	75.5 m ³	513 km/h
Fokker 27	5.7 tun	20 tun	900 l/h	53 m ³	486 km/h
Raytheon 1900	2.65 tun	7,7 tun	285 l/h	23 m ³	504 km/h
Falcon	2.5 tun	13 tun	348 l/h	14 m ³	870 km/h
BAe 748	6 tun	22 tun	1077 l/h	34 m ³	452 km/h
Dash 8 - 300	6 tun	20 tun	790 l/h	72 m ³	514 km/h

Tab. 4.14. Kriteriaální matice

Bodovací stupnici, kterou jsem navrhla pro tento případ je následující:

Body	K1	K2	K3	K4	K5
1	(0, 2.2 >	< 30, ∞)	< 1000, ∞)	(0, 27 >	(100, 300)
2	< 6.3, ∞)	< 24, 30)	< 850, 1000)	< 65, ∞)	< 300, 400)
3	< 6, 6.3)	< 17, 24)	< 700, 850)	< 50, 65)	< 400, 500)
4	< 4, 6)	< 12, 17)	< 400, 700)	< 40, 50)	< 500, 700)
5	(2.2, 4)	(0, 12)	(0, 400)	(27, 40)	< 700, ∞)

Tab. 4.15. Bodovací stupnice

Matice pořadí bez užití vah jednotlivých kritérií:

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	Součet	Pořadí
AN 26B	2	2	1	5	3	13	9. -10.
AN 74 - 200	2	1	1	4	5	13	9. - 10.
Saab 340F	5	4	4	5	3	21	1.
ATR 42 - 320F	4	4	4	3	3	18	4.
ATR 72 - 200F	2	3	3	2	4	14	8.
Fokker 27	4	3	2	3	3	15	5. - 7.
Raytheon 1900	5	5	5	1	4	20	2. - 3.
Falcon	5	4	5	1	5	20	2. - 3.
BAe 748	3	3	1	5	3	15	5. - 7.
Dash 8 - 300	3	3	3	2	4	15	5. - 7.

Tab. 4.16. Výsledné pořadí letounů bez užití vah kritérií stanovené metodou bodovací

Matice pořadí s váhami jednotlivých kritérií:

Na základě stanovené bodovací stupnice jsem každé kritériální hodnotě přiřadila příslušný počet bodů a poté, po vynásobení přiděleného počtu bodů váhami jednotlivých kritérií, jsem pro každou variantu body sečetla.

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	Součet	Pořadí
AN 26B	0.22	0.44	0.28	1.4	0.33	2.67	9.
AN 74 - 200	0.22	0.22	0.28	1.12	0.55	2.39	10.
Saab 340F	0.55	0.88	1.12	1.4	0.33	4.28	1.
ATR 42 - 320F	0.44	0.88	1.12	0.84	0.33	3.61	4.
ATR 72 - 200F	0.22	0.66	0.84	0.56	0.44	2.72	8
Fokker 27	0.44	0.66	0.56	0.84	0.33	2.83	6. - 7.
Raytheon 1900	0.55	1.1	1.4	0.28	0.44	3.77	2.
Falcon	0.55	0.88	1.4	0.28	0.55	3.66	3.
BAe 748	0.33	0.66	0.28	1.4	0.33	3.00	5.
Dash 8 - 300	0.33	0.66	0.84	0.56	0.44	2.83	6. - 7.
Váhy v_i	0.11	0.22	0.28	0.28	0.11		

Tab. 4.17. Výsledné pořadí letounů s užitím vah kritérií stanovené metodou bodovací

Hmotnost nákladu, který je má být přepraven na vzdálenost 650 km, je 2.2 tuny a jeho objem činí 27 m³. Nejvýznamnější kritériem je objem nákladového prostoru a spotřeba paliva letounu. Téměř zanedbatelný význam pro nás má v tomto případě kritérium maximální hmotnosti nákladu, který je letoun schopen přepravit a to z důvodu, že všechny letouny ze stanovené množiny jsou schopny náklad o hmotnosti 2.2 tuny přepravit. Z ekonomického hlediska je naší snahou minimalizovat spotřebu paliva, je pro nás tedy důležité vybrat takový letoun, který je schopen přepravit požadovaný náklad a spálit během letu co nejmenší množství paliva. Dále v tomto případě není zařazeno kritérium doletu letounu, toto kritérium nepovažuji za významné, jelikož všechny letouny ze stanovené množiny jsou schopny tuto vzdálenost uletět.

Pro stanovení vah jednotlivých kritérií jsem použila bodovací metodu a následně pro výběr vhodného letounu jsem také použila bodovací metodu. Na základě bodovací stupnice jsem každé kritériální hodnotě přiřadila příslušný počet bodů ze stanovené pěti bodové stupnice. Vytvořila jsem celkem dvě matice pořadí, jednu bez užití vah kritérií a druhou matici s váhami jednotlivých kritérií, přesnějších výsledků je dosaženo při užití vah jednotlivých kritérií. Na prvním místě se v obou případech umístil Saab 340F.

4.3.5. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Milán

Délka trati, včetně nejvzdálenějšího záložního letiště činí 1 000 km. Letadlem bude přepravováno 90 000 tulipánů, což je 9 000 balení po 10. kusech. Hmotnost jednoho tulipánu je průměrně 35g, celková hmotnost nákladu se tedy pohybuje okolo 3.2 tun. Potřebný objem nákladového prostoru pro uskutečnění přepravy musí být minimálně 39 m³.

Nejvýznamnějším kritériem je pro nás objem nákladového prostoru a maximální hmotnost nákladu, který je letoun schopen přepravit. O něco méně významným kritériem je dolet letounu, spotřeba paliva a maximální vzletová hmotnost letounu. Nejméně významným kritériem je cestovní rychlost.

Pro stanovení vah jednotlivých kritérií jsem použila bodovací metodu

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.19)$$

Stanovení kritérií

K1	Dolet letounu	K2	Max. hmotnost nákladu
K3	MTOW	K4	Hodinová spotřeba paliva
K5	Objem nákladového pros.	K6	Cestovní rychlost

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	
Body b_i	4	5	2	3	5	2	$\Sigma 21$
Váhy v_i	0.19	0.24	0.09	0.14	0.24	0.09	$\Sigma 1$

Tab. 4.18. Stanovení vah kritérií bodovací metodou

K výběru vhodného letounu jsem použila bodovací metodu

Při této metodě je každému prvku rozhodovací matice přiřazen určitý počet bodů ze zvolené stupnice. Lepší hodnotě kritéria se přiřadí větší počet bodů

K1	Dolet letounu	K2	Max. hmotnost nákladu
K3	MTOW	K4	Hodinová spotřeba paliva
K5	Objem nákladového pros.	K6	Cestovní rychlost

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6
AN 26B	1240 km	6.3 tun	24 tun	1035 l/h	37m ³	450 km/h
AN 74 - 200	1800 km	7 tun	34 tun	1400 l/h	45 m ³	720 km/h
Saab 340F	980 km	3,8 tun	13 tun	540 l/h	36 m ³	450 km/h
ATR 42 - 320F	1120 km	5.5 tun	16.9 tun	620 l/h	54 m ³	463 km/h
ATR 72 - 200F	1850 km	8.2 tun	21 tun	700 l/h	75.5 m ³	513 km/h
Fokker 27	1741 km	5.7 tun	20 tun	900 l/h	53 m ³	486 km/h
Raytheon 1900	2700 km	2.65 tun	7,7 tun	285 l/h	23 m ³	504 km/h
Falcon	4650 km	2.5 tun	13 tun	348 l/h	14 m ³	870 km/h
BAe 748	1715 km	6 tun	22 tun	1077 l/h	34 m ³	452 km/h
Dash 8 - 300	1388 km	6 tun	20 tun	790 l/h	72 m ³	514 km/h

Tab. 4.19. Kriteriaální matice

Bodovací stupnici, kterou jsem navrhla pro tento případ je následující:

Body	K1	K2	K3	K4	K5	K6
1	$(0, 1000 >$	$(0, 3.2 >$	$< 30, \infty)$	$< 1000, \infty)$	$(0, 39 >$	$(100, 300)$
2	$< 5000, \infty)$	$< 7.5, \infty)$	$< 24, 30)$	$< 850, 1000)$	$< 90, \infty)$	$< 300, 400)$
3	$< 3000, 5000)$	$< 6, 7.5)$	$< 17, 24)$	$< 700, 850)$	$< 80, 90)$	$< 400, 500)$
4	$< 1400, 3000)$	$< 4, 6)$	$< 12, 17)$	$< 400, 700)$	$< 60, 80)$	$< 500, 700)$
5	$(1000, 1400)$	$(3.2, 4)$	$(0, 12)$	$(0, 400)$	$(39, 60)$	$< 700, \infty)$

Tab. 4.20. Bodovací stupnice

Matice pořadí bez užití vah jednotlivých kritérií:

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Součet	Pořadí
AN 26B	5	3	2	1	1	3	15	9. - 10.
AN 74 - 200	4	3	1	1	5	5	19	6. - 7.
Saab 340F	1	5	4	4	1	3	18	8.
ATR 42 - 320F	5	4	4	4	5	3	25	1.
ATR 72 - 200F	4	2	3	3	4	4	20	4. - 5.
Fokker 27	4	4	3	2	5	3	21	3.
Raytheon 1900	4	1	5	5	1	4	20	4. - 5.
Falcon	3	1	4	5	1	5	19	6. - 7.
BAe 748	4	3	3	1	1	3	15	9. - 10.
Dash 8 - 300	5	3	3	3	4	4	22	2.

Tab. 4.21. Výsledné pořadí letounů bez užití vah kritérií stanovené metodou bodovací

Matice pořadí s váhami jednotlivých kritérií:

Na základě stanovené bodovací stupnice jsem každé kritériální hodnotě přiřadila příslušný počet bodů a poté, po vynásobení přiděleného počtu bodů váhami jednotlivých kritérií, jsem pro každou variantu body sečetla.

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Součet	Pořadí
AN 26B	0.95	0.72	0.18	0.14	0.24	0.27	2.5	9.
AN 74 - 200	0.76	0.72	0.09	0.14	1.2	0.45	3.36	4.
Saab 340F	0.19	1.2	0.36	0.56	0.24	0.27	2.82	6.
ATR 42 - 320F	0.95	0.96	0.36	0.56	1.2	0.27	4.3	1.
ATR 72 - 200F	0.76	0.48	0.27	0.42	0.96	0.36	3.25	5.
Fokker 27	0.76	0.96	0.27	0.28	1.2	0.27	3.74	2.
Raytheon 1900	0.76	0.24	0.45	0.7	0.24	0.36	2.75	7.
Falcon	0.57	0.24	0.36	0.7	0.24	0.45	2.56	8.
BAe 748	0.76	0.72	0.27	0.14	0.24	0.27	2.4	10.
Dash 8 - 300	0.95	0.72	0.27	0.42	0.96	0.36	3.68	3.
Váhy v_i	0.19	0.24	0.09	0.14	0.24	0.09		

Tab. 4.22. Výsledné pořadí letounů s užitím vah kritérií stanovené metodou bodovací

Náklad o hmotnosti 3.2 tuny a rozměrech 39 m³ máme přepravit na vzdálenost 1 000 km. Objem nákladového prostoru a maximální hmotnost nákladu, který je letoun schopen přepravit považujeme za nejvýznamnější kritéria. Kritérium doletu letounu považujeme za méně významné. Z ekonomického hlediska je pro nás také důležitým kritériem spotřeba paliva. Cílem je tedy ze stanovené množiny vybrat letoun, který je schopen přepravit požadovaný náklad na vzdálenost 1 000 km a jehož spotřeba paliva bude co nejmenší.

K stanovení vah jednotlivých kritérií a výběru letounu jsem použila metodu bodovací. Sestavila jsem bodovací stupnici, pomocí které jsem každé kritériální hodnotě přiřadila příslušný počet bodů ze stanovené pěti bodové stupnice. Vytvořila jsem celkem dvě matice pořadí, jednu bez užití vah kritérií a druhou matici s váhami jednotlivých kritérií. V tabulkách je možno vidět jak se liší pořadí letounů stanovené metodou pořadí bez užití vah kritérií a metodou pořadí s váhami jednotlivých kritérií, přesnějších výsledků je dosaženo při užití vah jednotlivých kritérií. Avšak na prvním místě se vždy umístil letoun ATR 42 - 320F.

4.3.6. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Barcelona

Délka trati, včetně nejvzdálenějšího záložního letiště činí 1 350 km. Letadlem bude přepravováno 110 000 tulipánů, což je 11 000 balení po 10. kusech. Hmotnost jednoho tulipánu je průměrně 35g, celková hmotnost nákladu se tedy pohybuje okolo 4 tun. Potřebný objem nákladového prostoru pro uskutečnění přepravy, musí být minimálně 46 m³.

Nejvýznamnějším kritériem je pro nás dolet letounu, maximální hmotnost užitečného nákladu, který je letoun schopen přepravit a objem nákladového prostoru. O něco méně významným kritériem je hodinová spotřeba paliva, maximální vzletová hmotnost a nakonec cestovní rychlost letounu.

Stanovení kritérií

K1	Dolet letounu	K2	Max. hmotnost nákladu
K3	Objem nákladového pros.	K4	Hodinová spotřeba paliva
K5	MTOW	K6	Cestovní rychlost

K výběru vhodného letounu jsem použila metodu PRIAM

Metoda je založena na heuristickém prohledávání množiny variant tak, aby bylo nalezeno jediné optimální řešení. Nultou aspirační úroveň obvykle splňují všechny varianty. Poté postupně zpřísňujeme některé kritéria, většinou ty nejvýznamnější a tak vyloučíme některé varianty. [8]

Krok 1.

Nultá aspirační (bazální) úroveň: Nám vyjadřuje hodnoty minimálního doletu letounu, minimální hmotnosti nákladu, minimálního objemu nákladového prostoru, maximální spotřeby paliva, maximální vzletové hmotnosti a minimální cestovní rychlosti.

$$z^{(0)} = (980, 2.5, 14, 1400, 34, 450)$$

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Vyhovuje
AN 26B	1240 km	6.3 tun	37m ³	1035 l/h	24 tun	450 km/h	ANO
AN 74 - 200	1800 km	7 tun	45 m ³	1400 l/h	34 tun	720 km/h	ANO
Saab 340F	980 km	3,8 tun	36 m ³	540 l/h	13 tun	450 km/h	ANO
ATR 42 - 320F	1120 km	5.5 tun	54 m ³	620 l/h	16.9 tun	463 km/h	ANO
ATR 72 - 200F	1850 km	8.2 tun	75.5 m ³	700 l/h	21 tun	513 km/h	ANO
Fokker 27	1741 km	5.7 tun	53 m ³	900 l/h	20 tun	486 km/h	ANO
Raytheon 1900	2700 km	2.65 tun	23 m ³	285 l/h	7,7 tun	504 km/h	ANO
Falcon	4650 km	2.5 tun	14 m ³	348 l/h	13 tun	870 km/h	ANO
BAe 748	1715 km	6 tun	34 m ³	1077 l/h	22 tun	452 km/h	ANO
Dash 8 - 300	1388 km	6 tun	72 m ³	790 l/h	20 tun	514 km/h	ANO
AÚ	980 km	2.5 tun	14 m ³	1400 l/h	34 tun	450 km/h	

Tab. 4.23. Nultá aspirační úroveň

Z tabulky je lehce patrné, že při nulté aspirační úrovni nám vyhovují všechny letouny, proto jsem v následujících krocích zpřísnila hodnoty jednotlivých kritérií.

Krok 2.

Nyní jsem zpřísnila požadavek na kritérium dolet, dolet letounu musí být minimálně 1 350 km. Tato vzdálenost odpovídá vzdálenosti trasy Amsterdam - Barcelona.

$$z^{(1)} = (1350, 2.5, 14, 1400, 34, 450)$$

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Vyhovuje
AN 26B	1240 km	6.3 tun	37m ³	1035 l/h	24 tun	450 km/h	NE
AN 74 - 200	1800 km	7 tun	45 m ³	1400 l/h	34 tun	720 km/h	ANO
Saab 340F	980 km	3,8 tun	36 m ³	540 l/h	13 tun	450 km/h	NE
ATR 42 - 320F	1120 km	5.5 tun	54 m ³	620 l/h	16.9 tun	463 km/h	NE
ATR 72 - 200F	1850 km	8.2 tun	75.5 m ³	700 l/h	21 tun	513 km/h	ANO
Fokker 27	1741 km	5.7 tun	53 m ³	900 l/h	20 tun	486 km/h	ANO
Raytheon 1900	2700 km	2.65 tun	23 m ³	285 l/h	7,7 tun	504 km/h	ANO
Falcon	4650 km	2.5 tun	14 m ³	348 l/h	13 tun	870 km/h	ANO
BAe 748	1715 km	6 tun	34 m ³	1077 l/h	22 tun	452 km/h	ANO
Dash 8 - 300	1388 km	6 tun	72 m ³	790 l/h	20 tun	514 km/h	ANO
AÚ	1350 km	2.5 tun	14 m ³	1400 l/h	34 tun	450 km/h	

Tab. 4.24. První aspirační úroveň

V tabulce vidíme, že tři letouny nejsou schopny uletět vzdálenost 1 350 km. Nesplňují tedy naši aspirační úroveň a nepostupují do dalšího kroku.

Krok 3.

V tomto kroku jsem zpřísnila požadavek na kritérium maximální hmotnosti nákladu, který je letoun schopen přepravit. Jelikož hmotnost našeho nákladu činí 4 tuny, musíme vybírat pouze takové letouny, které jsou schopny tento náklad přepravit, proto nastavíme hodnotu aspirační úrovně pro druhé kritérium na hodnotu 4 tuny.

$$z^{(2)} = (1350, 4, 14, 1400, 34, 450)$$

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Vyhovuje
AN 74 - 200	1800 km	7 tun	45 m ³	1400 l/h	34 tun	720 km/h	ANO
ATR 72 - 200F	1850 km	8.2 tun	75.5 m ³	700 l/h	21 tun	513 km/h	ANO
Fokker 27	1741 km	5.7 tun	53 m ³	900 l/h	20 tun	486 km/h	ANO
Raytheon 1900	2700 km	2.65 tun	23 m ³	285 l/h	7,7 tun	504 km/h	NE
Falcon	4650 km	2.5 tun	14 m ³	348 l/h	13 tun	870 km/h	NE
BAe 748	1715 km	6 tun	34 m ³	1077 l/h	22 tun	452 km/h	ANO
Dash 8 - 300	1388 km	6 tun	72 m ³	790 l/h	20 tun	514 km/h	ANO
AÚ	1350 km	4 tuny	14 m ³	1400 l/h	34 tun	450 km/h	

Tab. 4.25. Druhá aspirační úroveň

Z tabulky je patrné, že dva letouny nejsou schopny přepravit náklad o hmotnosti 4 tuny. Nesplňují tedy naši aspirační úroveň a nepostupují do dalšího kroku.

Krok 4.

Nyní jsem zpřísnila požadavek na objem nákladového prostoru letounu. Objem nákladu, který přepravujeme je 46 m³. Potřebný objem nákladového prostoru letounu je tedy minimálně 46 m³.

$$z^{(3)} = (1350, 4, 46, 1400, 34, 450)$$

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Vyhovuje
AN 74 - 200	1800 km	7 tun	45 m ³	1400 l/h	34 tun	720 km/h	NE
ATR 72 - 200F	1850 km	8.2 tun	75.5 m ³	700 l/h	21 tun	513 km/h	ANO
Fokker 27	1741 km	5.7 tun	53 m ³	900 l/h	20 tun	486 km/h	ANO
BAe 748	1715 km	6 tun	34 m ³	1077 l/h	22 tun	452 km/h	NE
Dash 8 - 300	1388 km	6 tun	72 m ³	790 l/h	20 tun	514 km/h	ANO
AÚ	1350 km	4 tun	46 m ³	1400 l/h	34 tun	450 km/h	

Tab. 4.26. Třetí aspirační úroveň

Do dalšího výběru postoupily pouze tři letouny, tyto letouny jsou schopny uletět vzdálenost naší trati a zároveň přepravit požadovaný náklad.

Krok 5.

Tento krok je zaměřen na spotřebu paliva, pro nás je z ekonomického hlediska důležité tuto hodnotu minimalizovat. Chceme tedy používat takový letoun, jehož spotřeba paliva je maximálně 790 l/hod.

$$z^{(4)} = (1350, 4, 46, 790, 34, 450)$$

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Vyhovuje
ATR 72 - 200F	1850 km	8.2 tun	75.5 m ³	700 l/h	21 tun	513 km/h	ANO
Fokker 27	1741 km	5.7 tun	53 m ³	900 l/h	20 tun	486 km/h	NE
Dash 8 - 200	1388 km	6 tun	72 m ³	790 l/h	20 tun	514 km/h	ANO
AÚ	1350 km	4 tun	46 m ³	790 l/h	34 tun	450 km/h	

Tab. 4.27. Čtvrtá aspirační úroveň

Po uskutečnění kroku č. 5, zbyly pouze dva letouny. Letoun ATR 72 a Dash 8.

Krok 6.

Při změně hodnoty aspirační úrovně kritéria maximální vzletové hmotnosti letounu, by byl vybrán letoun s nejmenší vzletovou hmotností, kterým je Dash 8. V našem případě činí rozdíl mezi maximálními vzletovými hmotnostmi, letounu ATR 72 a letounu Dash 8, pouze 1 tunu. Cestovní rychlost obou letounů je přibližně stejná. Kritériem na jehož základě vybereme optimální letoun, je spotřeba paliva letounu. Při nastavení aspirační

úrovně tohoto kritéria na hodnotu 700 l/hod, je jasné, že našim cílem je vybrat letoun s nejmenší spotřebou paliva.

$$z^{(5)} = (1350, 4, 46, 700, 21, 450)$$

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Vyhovuje
ATR 72 - 200	1850 km	8.2 tun	75.5 m ³	700 l/h	21 tun	513 km/h	ANO
Dash 8 - 300	1388 km	6 tun	72 m ³	790 l/h	20 tun	514 km/h	NE
AÚ	1350 km	4 tun	46 m ³	700 l/h	34 tun	450 km/h	

Tab. 4.28. Výsledný letoun ATR 72 - 200F

Cílem je nalézt letoun, který bude schopen přepravit náklad o hmotnosti 4 tuny a objemu 46 m³ na tuto vzdálenost 1 350 km. Z tohoto důvodu považujeme za nejvýznamnější kritéria právě dolet letounu, maximální hmotnost nákladu, který je letoun schopen přepravit a objem nákladového prostoru. Po nalezení letounu, který je schopen náš náklad přepravit na trase Amsterdam - Barcelona, hraje svou roli také kritérium spotřeby paliva a maximální vzletové hmotnosti. Snahou je vybrat takový letoun, jehož hodinová spotřeba paliva a maximální vzletová hmotnost budou minimální.

Výběr vhodného letounu jsem realizovala pomocí metody PRIAM, tato metoda nevyžaduje stanovení vah jednotlivých kritérií. Metoda je založena na heuristickém prohledávání množiny variant tak, aby bylo nalezeno jediné optimální řešení. Nultou aspirační úroveň obvykle splňují všechny varianty. Postupně v jednotlivých krocích byly zpřísněné hodnoty jednotlivých kritérií. Letoun, který nevyhovoval nastavené aspirační úrovni, byl z výběru vyřazen. Metodou PRIAM byl vybrán letoun ATR 72 - 200F.

4.3.7. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Riga

Délka trati, včetně nejvzdálenějšího záložního letiště činí 1 400 km. Letadlem bude přepravováno 130 000 tulipánů, což je 13 000 balení po 10. kusech. Hmotnost jednoho tulipánu je průměrně 35g, celková hmotnost nákladu se tedy pohybuje okolo 4.7 tun. Potřebný objem nákladového prostoru pro uskutečnění přepravy musí být minimálně 54m³.

Nejvýznamnějším kritériem je pro nás dolet letounu, maximální hmotnost užitečného nákladu, který je letoun schopen přepravit a objem nákladového prostoru.

O něco méně významným kritériem je hodinová spotřeba paliva poté maximální vzletová hmotnost a nakonec cestovní rychlost letounu.

Pro stanovení vah jednotlivých kritérií jsem použila Saatyho metodu.

Stanovení kritérií

K1	Dolet letounu	K2	Max. hmotnost nákladu
K3	MTOW	K4	Hodinová spotřeba paliva
K5	Objem nákladového pros.	K6	Cestovní rychlost

Hodnoty b_i vypočteme jako geometrický průměr řádků Saatyho matice.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n S_{ij}} \quad (4.20)$$

Váhy se pak vypočtou normalizací hodnot b_i

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (4.21)$$

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	b_i	v_i
K1	1	1	3	2	1	6	1,817	0,24
K2	1	1	3	2	1	6	1,817	0,24
K3	1/3	1/3	1	1/2	1/3	5	0,671	0,09
K4	1/2	1/2	2	1	1/2	5	1,037	0,14
K5	1	1	3	2	1	6	1,817	0,24
K6	1/6	1/6	1/5	1/5	1/6	1	0,238	0,032
						Σ	7.39	1

Tab. 4.29. Stanovení vah kritérií Saatyho metodou

K výběru vhodného letounu jsem použila metodu váženého součtu:

Metoda váženého součtu je speciálním případem metody funkce užitku. Vychází z principu maximalizace užitku. Celkový užitek varianty je vyjádřen váženým součtem hodnot dílčích funkcí užitku. [8]

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m v_j u_j(y_{ij}) \quad (4.22)$$

kde u_j jsou dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií a v_j jsou váhy kritérií.

Algoritmus metody váženého užitku:

Krok 1. Určíme ideální variantu H s ohodnocením (h_1, \dots, h_n) a bazální variantu D s ohodnocením (d_1, \dots, d_n) .

Krok 2. Vytvoříme standardizovanou kritériální matici R , jejíž prvky získáme pomocí vzorce

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \quad (4.23)$$

Krok 3. Pro jednotlivé varianty vypočteme agregovanou funkci užitku

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij} \quad (4.24)$$

Variantu s nejvyšší hodnotou užitku považujeme za řešení problému.

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6
AN 26B	1240 km	6.3 tun	24 tun	1035 l/h	37 m ³	450 km/h
AN 74 - 200	1800 km	7 tun	34 tun	1400 l/h	45 m ³	720 km/h
Saab 340F	980 km	3,8 tun	13 tun	540 l/h	36 m ³	450 km/h
ATR 42 - 320F	1120 km	5.5 tun	16.9 tun	620 l/h	54 m ³	463 km/h
ATR 72 - 200F	1850 km	8.2 tun	21 tun	700 l/h	75.5 m ³	513 km/h
Fokker 27	1741 km	5.7 tun	20 tun	900 l/h	53 m ³	486 km/h
Raytheon 1900	2700 km	2.65 tun	7,7 tun	285 l/h	23 m ³	504 km/h
Falcon	4650 km	2.5 tun	13 tun	348 l/h	14 m ³	870 km/h
BAe 748	1715 km	6 tun	22 tun	1077 l/h	34 m ³	452 km/h
Dash 8 - 300	1388 km	6 tun	20 tun	790 l/h	72 m ³	514 km/h
Povaha	max	max	min	min	max	max
Váhy v_j	0,24	0,24	0,09	0,14	0,24	0,03

Tab. 4.30. Kritériální matice

Sestavení ideální a bazální varianty:

$$Hh = (4650, 8.2, 7.7, 285, 75.5, 870)$$

$$D = (980, 2.5, 34, 1400, 14, 450)$$

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	K6	$u(a_i)$	Pořadí
AN 26B	0.07	0.66	0.38	0.33	0.37	0	0.34	9.
AN 74 - 200	0.223	0.79	0	0	0.50	0.642	0.38	7.
Saab 340F	0	0.23	0.8	0.77	0.36	0	0.32	10.
ATR 42 - 320F	0.038	0.52	0.65	0.70	0.65	0.03	0.45	4. - 5.
ATR 72 - 200F	0.23	1	0.49	0.62	1	0.15	0.67	1.
Fokker 27	0.21	0.56	0.53	0.45	0.63	0.08	0.45	4. - 5.
Raytheon 1900	0.468	0.026	1	1	0.15	0.13	0.39	6.
Falcon	1	0	0.8	0.94	0	1	0.47	3.
BAe 748	0.20	0.61	0.46	0.29	0.32	0.005	0.35	8.
Dash 8 - 300	0.11	0.61	0.53	0.55	0.94	0.15	0.53	2.

Tab. 4.31. Výsledné pořadí letounů stanoveno metodou váženého součtu

Náklad o hmotnosti 4.7 tun a rozměrech 54 m³ je přepravován na vzdálenost 1400 km. Nejvýznamnějším kritériem je pro nás dolet letounu, maximální hmotnost užitečného nákladu, který je letoun schopen přepravit a objem nákladového prostoru. O něco méně významným kritériem je hodinová spotřeba paliva poté maximální vzletová hmotnost a nakonec cestovní rychlost letounu.

Váhy jednotlivých kritérií jsem stanovila Saatyho metodou. K výběru vhodného letounu jsem použila metodu váženého součtu, metoda váženého součtu je speciálním případem metody funkce užitku. Vychází z principu maximalizace užitku. Sestavila jsem hodnoty ideální a bazické varianty a následně provedla výběr letoun. Výsledným letounem je letoun ATR 72 - 200F. Tento letoun je schopen přepravit náklad o hmotnosti 4.7 tun a rozměrech 54 m³ na vzdálenost 1 400 km.

4.3.8. Výběr vhodného letounu na trati Amsterdam - Praha

Délka trati, včetně nejvzdálenějšího záložního letiště činí 800 km. Letadlem bude přepravováno 95 000 tulipánů, což je 9 500 balení po 10. kusech.

Hmotnost jednoho tulipánu je průměrně 35g, celková hmotnost nákladu se tedy pohybuje okolo 3.4 tun. Potřebný objem nákladového prostoru pro uskutečnění přepravy, musí být minimálně 40 m³.

Nejvýznamnějším kritériem je pro nás objem nákladového prostoru a maximální hmotnost nákladu, který je letoun schopen přepravit. Méně významným kritériem je spotřeba paliva a maximální vzletová hmotnost letounu. Nejméně významnými kritérii je cestovní rychlost. Kritérium doletu letounu pro tuto linku nepovažuji za významné, jelikož všechny letouny ze stanovené množiny jsou schopny tuto vzdálenost uletět.

Pro stanovení vah jednotlivých kritérií jsem použila Saatyho metodu

Stanovení kritérií

K1	Max. hmotnost nákladu	K2	Objem nákladového pros.
K3	Hodinová spotřeba paliva	K4	MTOW
K5	Cestovní rychlost		

Hodnoty b_i vypočteme jako geometrický průměr řádků Saatyho matice.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n S_{ij}} \quad (4.25)$$

Váhy se pak vypočtou normalizací hodnot b_i

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (4.26)$$

	K1	K2	K3	K4	K5	b_i	v_i
K1	1	1	2	3	6	2.04	0.325
K2	1	1	2	3	6	2.04	0.325
K3	1/2	1/2	1	2	5	1.20	0.191
K4	1/3	1/3	1/2	1	4	0.73	0.116
K5	1/6	1/6	1/5	1/4	1	0.264	0.042
					Σ	6.27	1

Tab. 4.32. Stanovení vah kritérií Saatyho metodou

K výběru vhodného letounu jsem použila metodu bazické varianty:

Za bazickou variantu je považována varianta, která dosahuje nejlepších či předem stanovených hodnot z hlediska všech kritérií. Vytvoření užitečné funkce s využitím bazické varianty spočívá v porovnávání hodnot důsledků jednotlivých variant s odpovídajícími hodnotami v bazické variantě. [8]

Kritéria jsou rozdělena na výnosová a nákladová. U kritérií nákladového typu je snahou dosáhnout co nejnižších hodnot a naopak u kritérií výnosového typu chceme dosáhnout hodnot co nejvyšších. [8]

Označíme-li y_j^B hodnotu j-tého kritéria v bazické variantě, pro užitek kritéria výnosového typu při volbě i-té varianty platí

$$u_{ij} = \frac{y_{ij}}{y_j^B} \quad (4.27)$$

a u kritéria nákladového typu je dílčí užitek dán vztahem,

$$u_{ij} = \frac{y_j^B}{y_{ij}} \quad (4.28)$$

Následně pro jednotlivé varianty spočítáme agregované funkce užitku a podle jejich hodnot varianty seřadíme.

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j u_{ij} \quad (4.29)$$

Pro výběr vhodného letounu na trase Amsterdam - Praha jsem použila metodu bazické varianty. Bazickou variantu jsem nastavila na úroveň ideální varianty:

$$z = (8.2; 75.5; 285; 7.7; 870)$$

Dále jsem stanovila typ kritérií a váhy kritérií jsem přebrala z výpočtu Saatyho metodou.

K1	Max. hmotnost nákladu	K2	Objem nákladového pros.
K3	Hodinová spotřeba paliva	K4	MTOW
K5	Cestovní rychlost		

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5
AN 26B	6.3 tun	37m ³	1035 l/h	24 tun	450 km/h
AN 74 - 200	7 tun	45 m ³	1400 l/h	34 tun	720 km/h
Saab 340F	3,8 tun	36 m ³	540 l/h	13 tun	450 km/h
ATR 42 - 320F	5.5 tun	54 m ³	620 l/h	16.9 tun	463 km/h
ATR 72 - 200F	8.2 tun	75.5 m ³	700 l/h	21 tun	513 km/h
Fokker 27	5.7 tun	53 m ³	900 l/h	20 tun	486 km/h
Raytheon 1900	2.65 tun	23 m ³	285 l/h	7,7 tun	504 km/h
Falcon	2.5 tun	14 m ³	348 l/h	13 tun	870 km/h
BAe 748	6 tun	34 m ³	1077 l/h	22 tun	452 km/h
Dash 8 - 300	6 tun	72 m ³	790 l/h	20 tun	514 km/h
Bazická v.	8.2 tun	75.5 m ³	285 l/h	7.7 tun	870 km/h
Typ kritéria	výnosové	výnosové	nákladové	nákladové	výnosové
Váhy v_j	0.325	0.325	0.191	0.116	0.042

Tab. 4.33. Kriteriaální matice

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	$u(a_i)$	Pořadí
AN 26B	0,768	0,490	0.275	0,320	0,517	0.520	8.
AN 74 - 200	0,853	0.596	0.203	0.226	0,827	0.570	6.
Saab 340F	0.463	0.476	0.527	0.592	0,517	0.496	9.
ATR 42 - 320	0.670	0.715	0.459	0.455	0,532	0.612	3.
ATR 72 - 200	1	1	0.407	0.366	0.589	0.794	1.
Fokker 27	0.695	0.768	0.316	0.385	0,558	0.603	4.
Raytheon 1900	0.323	0.304	1	1	0,579	0.535	7.
Falcon	0.304	0,185	0.818	0.592	1	0.425	10.
BAe 748	0.731	0.725	0.26	0.35	0,519	0.585	5.
Dash 8 - 300	0.731	0.953	0.360	0.385	0.590	0.685	2.

Tab. 4.34. Výsledné pořadí letounů stanovené metodou bazické varianty

Jelikož metoda bazické varianty slouží k maximalizaci užitku, byl vybrán letoun ATR 72 - 200F. Tento letoun již zajišťuje přepravu nákladu na ostatních linkách 5x týdně. Z důvodu časového vytížení letounu, nevyužití nákladového prostoru a únosnosti letounu, jsem se rozhodla opakovat výběr metodou bodovací. Bodovací stupnice byla sestavena na základě mých preferencí.

Bodovací stupnice

K1	Max. hmotnost nákladu	K2	Objem nákladového pros.
K3	Hodinová spotřeba paliva	K4	MTOW
K5	Cestovní rychlost		

Body	K1	K2	K3	K4	K5
1	$(0, 3.4 >$	$(0, 40 >$	$< 1000, \infty)$	$< 30, \infty)$	$(100, 300)$
2	$< 7.5, \infty)$	$< 80, \infty)$	$< 850, 1000)$	$< 24, 30)$	$< 300, 400)$
3	$< 6.5, 7.5)$	$< 60, 80)$	$< 700, 850)$	$< 17, 24)$	$< 400, 500)$
4	$< 5, 6.5)$	$< 50, 60)$	$< 400, 700)$	$< 12, 17)$	$< 500, 700)$
5	$(3.4, 5)$	$(40, 50)$	$(0, 400)$	$(0, 12)$	$< 700, \infty)$

Tab. 4.35. Bodovací stupnice

Matice pořadí s váhami jednotlivých kritérií:

Na základě stanovené bodovací stupnice jsem každé kritériální hodnotě přiřadila příslušný počet bodů a poté, po vynásobení přiděleného počtu bodů váhami jednotlivých kritérií, jsem pro každou variantu body sečetla.

Letoun	K1	K2	K3	K4	K5	Součet	Pořadí
AN 26B	1.3	0.325	0.191	0.232	0.126	2.174	10.
AN 74 - 200	0.975	1.625	0.191	0.116	0.21	3.117	5.
Saab 340F	1.625	0.325	0.764	0.464	0.126	3.304	4.
ATR 42 -320F	1.3	1.3	0.764	0.464	0.126	3.954	1.
ATR 72 - 200F	0.65	0.975	0.573	0.348	0.168	2.714	6.
Fokker 27	1.3	1.3	0.382	0.348	0.123	3.453	2.
Raytheon 1900	0.325	0.325	0.955	0.58	0.168	2.353	7.
Falcon	0.325	0.325	0.955	0.464	0.21	2.279	9.
Bae 748	1.3	0.325	0.191	0.348	0.126	2.29	8.
Dash 8 - 300	1.3	0.975	0.573	0.348	0.168	3.364	3.
Váhy v_i	0.325	0.325	0.191	0.116	0.042		

Tab. 4.36. Výsledné pořadí letounů s užitím vah kritérií stanovené bodovací metodou

Náklad přepravovaný na vzdálenost 800 km váží 3.4 tuny a jeho rozměr je 40 m³. Za nejvýznamnější kritéria považujeme objem nákladového prostoru a maximální

hmotnost nákladu, který je letoun schopen přepravit. Méně významným kritériem je hodinová spotřeba paliva a maximální vzletová hmotnost letounu. Kritérium doletu letounu pro tuto linku nepovažuji za významné, jelikož všechny letouny ze stanovené množiny jsou schopny tuto vzdálenost uletět. Cílem je nalézt letoun, který je schopen přepravit požadovaný náklad do cílové destinace. Z ekonomického hlediska požadujeme, aby hodinová spotřeba paliva letounu byla co možná nejnižší.

Váhy jednotlivých kritérií jsem stanovila Saatyho metodou. Ty jsem následně použila při výběru letounu metodou bazické varianty. Jelikož tato metoda slouží k maximalizaci užitku, byl vybrán letoun ATR 72 - 200F. Tento letoun je již 5x týdně využíván pro přepravu nákladu na ostatních linkách. Z důvodu časového vytížení letounu, nevyužití nákladového prostoru a únosnosti letounu, rozhodla jsem se opakovat výběr metodou bodovací.

Bodovací metodou byl vybrán letoun ATR 42 - 320F. Letoun je schopen přepravit náklad o hmotnost 3.5 tun a rozměrech 40 m³, jeho maximální vzletová hmotnost a spotřeba paliva je menší než u letounu ATR 72 - 200F, což je pro nás z ekonomického hlediska výhodnější. Na trati Amsterdam - Praha bude přeprava nákladu zajištěna letounem ATR 42 - 320F.

5. Ekonomické vyhodnocení

Hlavní činností společnosti Teriw Cargo Air, je nákup, přeprava a prodej tulipánů smluvním prodejcem.

Na zpátečním letu jsou letouny využívány k přepravě zásilek logistických firem. Výnosy a náklady z této vedlejší činnosti společnosti nejsou v ekonomickém vyhodnocení zahrnuty.

Na základě metod vícekritériálního rozhodování byly vybrány 3 letouny, kterými je zajištěna přeprava holandských tulipánů do osmi evropských destinací. Jsou jimi letouny ATR 72 - 200F, ATR 42 - 320F a Saab 340F.

Letoun ATR 72 - 200F zajišťuje přepravu nákladů do těchto evropských destinací:

- Litva: Letiště Vilnius. Počet přepravovaných tulipánů je 120 000. Náklad bude přepravován 1x týdně a to vždy ve středu.
- Lotyšsko: Letiště Riga. Počet přepravovaných tulipánů je 130 000. Náklad bude přepravován 2x týdně a to v pondělí a čtvrtěk.
- Španělsko: Letiště Barcelona. Počet přepravovaných tulipánů je 110 000. Náklad bude přepravován 2x týdně a to v úterý a pátek.

Letoun ATR 42 - 320F zajišťuje přepravu nákladů do těchto evropských destinací:

- Polsko: Letiště Katowice. Počet přepravovaných tulipánů je 110 000. Náklad bude přepravován 1x týdně a to vždy ve středu.
- Itálie: Letiště Milán. Počet přepravovaných tulipánů je 90 000. Náklad bude přepravován 2x týdně a to vždy v pondělí a čtvrtěk.
- Česká Republika: Letiště Praha. Počet přepravovaných tulipánů je 95 000. Náklad bude přepravován 2x týdně a to vždy v úterý a pátek.

Letoun Saab 340F zajišťuje přepravu nákladů do těchto evropských destinací:

- Dánsko: Letiště Kodaň. Počet přepravovaných tulipánů je 60 000. Náklad bude přepravován 2x týdně a to vždy v pondělí a čtvrtěk.
- Německo: Letiště Drážďany. Počet přepravovaných tulipánů je 65 000. Náklad bude přepravován 2x týdně a to vždy v úterý a pátek.

5.1. Přímé provozní náklady

Přímo závisejí na používaném typu letadla a na délce analyzované etapy.

5.1.1. Přistávací a vzletové poplatky

Poplatky se odvíjí od maximální vzletové hmotnosti letounu, cena je udána za tunu maximální vzletové hmotnosti. Výše poplatků pro dané letiště zahrnuje poplatky přistávací i poplatky vzletové.

Letoun ATR 72 - 200F

Maximální vzletová hmotnost letounu ATR 72 - 200F činí 21 tun.

Letiště	Cena za tunu	Stanovení poplatku	Výše poplatku
Letiště Vilnius	200 Kč	200×21	4 200 Kč
Letiště Riga	57 Kč	57×21	1 200 Kč
Letiště Barcelona	183 Kč	183×21	3 840 Kč
Letiště Amsterdam	133 Kč	133×21	2 795 Kč

Tab. 5.1. Přistávací a vzletové poplatky letounu ATR 72 - 200F

Letoun ATR 42 - 320F

Maximální vzletová hmotnost letounu ATR 42 - 320F činí 16.9 tun.

Letiště	Cena za tunu	Stanovení poplatku	Výše poplatku
Letiště Katowice	282 Kč	282×16.9	4 794 Kč
Letiště Milán	209 Kč	84×16.9	3 352 Kč
Letiště Praha	$2\,146\text{Kč} + (\text{MTOW} - 9\text{t}) \times 212\text{ Kč}$		3 842 Kč
Letiště Amsterdam	výše poplatku pro letoun s MTOW < 20 tun		2 662 Kč

Tab. 5.2. Přistávací a vzletové poplatky letounu ATR 42 - 320F

Saab 340F

Poplatky se odvíjí od maximální vzletové hmotnosti letounu, cena je udána za tunu maximální vzletové hmotnosti letounu. Maximální vzletová hmotnost letounu Saab 340F činí 13 tun.

Letiště	Cena za tunu	Stanovení poplatku	Výše poplatku
Letiště Kodaň	234 Kč	234×13	3 042 Kč
Letiště Drážďany	240 Kč	240×13	3 120 Kč
Letiště Amsterdam	výše poplatku pro letoun s MTOW < 20 tun		2 662 Kč

Tab. 5.3. Přistávací a vzletové poplatky letounu Saab 340F

5.1.2. Spotřeba paliva

Palivo je vypočteno pouze pro trať z Amsterdamu do cílové destinace, jelikož zpáteční let je uskutečněn po téměř stejné trase, budeme uvažovat, že i spotřeba paliva na zpáteční cestě je téměř stejná.

ATR 72 - 200F

- hodinová spotřeba paliva = 700 litrů
- Průměrná Stoupací rychlost = 260 km/hod, 140 uzlů
- Cestovní rychlost = 513 km/hod, 276 uzlů
- Klesací rychlost = 204 km/hod, 110 uzlů

Trať Amsterdam - Vilnius, 1420 km

Palivo pro pojiždění Řadí se zde palivo k pojiždění, nahození motorů, vnitřní vytápění, vyčkávání, odmrazování atd.

$$15 \text{ min} = 175 \text{ litrů}$$

Traťové palivo se skládá:

- Palivo pro vzlet, odlet a stoupání do počáteční cestovní hladiny/výšky s přihlédnutím k očekávanému směřování odletu.
- Palivo pro let po trati (od konce stoupání do zahájení klesání), zahrnující všechny změny hladin.

- Palivo pro počátek klesání pro přiblížení a přistání na cílovém letišti.

Traťové úseky	Vzdálenost	Čas	Spotřeba
EHAM → SID	45 nm, 84 km	20 min	233 l
Let po trati	682 nm, 1262 km	147 min	1715 l
STAR → EYVI	40 nm, 74 km	23 min	269 l
			Σ 2 217 litrů

Tab. 5.4. Spotřeba paliva na lince Amsterdam - Litva

Záložní palivo

a) Palivo pro nepředvídatelné události

- 5% z plánovaného traťového paliva, pokud není použitelné náhradní letiště po trati.

$$5\% = 111 \text{ litrů}$$

- nebo množství paliva postačující pro let po dobu 5 min. vyčkávací rychlostí ve výšce 450 m nad cílovým letištěm, za standardních podmínek podle toho, která hodnota je vyšší.

$$5 \text{ min} = 59 \text{ litrů}$$

b) Palivo pro let na náhradní letiště

- Palivo pro postup nezdařeného přiblížení na cílovém letišti.

$$15 \text{ min} = 175 \text{ litrů}$$

- Palivo pro let do bodu zahájení přiblížení na náhradním letišti s přihlédnutím k očekávané příletové trati.

$$25 \text{ min} = 291 \text{ litrů}$$

c) Konečná záloha paliva

- Měla by být postačující pro let po dobu 30 minut cestovní rychlostí ve výšce 450 metrů nad úrovní letiště za standardních podmínek na náhradním letišti.

$$30 \text{ min} = 350 \text{ litrů}$$

d) *Dodatečné palivo*

- Palivo pro 15 minut vyčkávání ve výšce 450 m nad nadmořskou výškou cílového letiště za standardních podmínek pro lety bez náhradního letiště a postup po vysazení motoru nebo ztrátě přetlaku, které se předpokládá v nejkritičtějších bodech na trati a které zahrnuje: klesání do potřebné výšky a pokračování v letu na vhodné letiště a provedení přistání a přiblížení.

$$15 \text{ min} = 175 \text{ litrů}$$

Spotřeba paliva pro trať Amsterdam - Vilnius je 3 494 litrů paliva, což je 2 795 tun paliva. Celková spotřeba paliva na trase Amsterdam - Vilnius - Amsterdam je 6 988 litrů paliva.

Stejným způsobem byla stanovena spotřeba paliva pro trať *Amsterdam - Riga* a *Amsterdam - Barcelona*.

Trať	Spotřeba paliva
Amsterdam - Riga	3 470 litrů
Amsterdam - Barcelona	3 395 litrů

Tab. 5.5. *Spotřeba paliva na lince směřující do Rigy a Barcelony*

Spotřeba paliva pro trať Amsterdam - Riga je 3 470 litrů paliva, což je 2 776 tun paliva. Celková spotřeba paliva na trase Amsterdam - Riga - Amsterdam je 6 940 litrů paliva.

Spotřeba paliva pro trať Amsterdam - Barcelona je 3 395 litrů paliva, což je 2 716 tun paliva. Celková spotřeba paliva na trase Amsterdam - Barcelona - Amsterdam je 6 790 litrů paliva.

ATR 42 - 320F

- Průměrná hodinová spotřeba paliva = 620 litrů
- Stoupací rychlost = 227 km/hod, 123 uzlů
- Cestovní rychlost = 463 km/hod, 250 uzlů
- Klesací rychlost = 194 km/hod, 105 uzlů

Stejným způsobem byla stanovena spotřeba paliva pro trat' *Amsterdam - Katowice*, *Amsterdam - Milán* a *Amsterdam - Praha*.

Trat'	Spotřeba paliva
Amsterdam - Katowice	2 182 litrů
Amsterdam - Milán	2 695 litrů
Amsterdam - Praha	2 468 litrů

Tab. 5.6. Spotřeba paliva na lince směřující do Katowic, Milána a Prahy

Spotřeba paliva pro trat' Amsterdam - Katowice je 2 728 litrů paliva, což je 2 182 tun paliva. Celková spotřeba paliva na trase Amsterdam - Katowice - Amsterdam je 5 456 litrů paliva.

Spotřeba paliva pro trat' Amsterdam - Milán je 2 695 litrů paliva, což je 2 156 tun paliva. Celková spotřeba paliva na trase Amsterdam - Milán - Amsterdam je 5 390 litrů paliva.

Celková spotřeba paliva pro trat' Amsterdam - Praha je 2 468 litrů paliva, což je 2 156 tun paliva. Celková spotřeba paliva na trase Amsterdam - Praha - Amsterdam je 4 936 litrů paliva.

Saab 340F

- Průměrná hodinová spotřeba paliva = 540 litrů
- Stoupací rychlost = 223 km/hod, 120 uzlů
- Cestovní rychlost = 450 km/hod, 243 uzlů
- Klesací rychlost = 185 km/hod, 100 uzlů

Stejným způsobem byla stanovena spotřeba paliva pro trat' *Amsterdam - Kodaň* a *Amsterdam - Drážďany*.

Trat'	Spotřeba paliva
Amsterdam - Kodaň	1 996 litrů
Amsterdam - Drážďany	2 016 litrů

Tab. 5.7. Spotřeba paliva na lince směřující do Kodaně a Drážďan

Spotřeba paliva pro trať Amsterdam - Kodaň je 1996 litrů paliva, což je 1597 tun paliva. Celková spotřeba paliva na trase Amsterdam - Kodaň - Amsterdam je 3992 litrů paliva.

Spotřeba paliva pro trať Amsterdam - Kodaň je 2016 litrů paliva, což je 1613 tun paliva. Celková spotřeba paliva na trase Amsterdam - Kodaň - Amsterdam je 4032 litrů paliva.

5.1.3. Cena paliva

Průměrná cena leteckého paliva na území Evropy se v měsíci duben pohybovala okolo 121 USD za barel. [35]

V tabulce je uvedena celková spotřeba paliva, která zahrnuje palivo pro let do dané destinace a palivo potřebné pro zpáteční let na domovské letiště. Na základně známé spotřeby paliva byla vypočtena celková cena paliva pro jednotlivé tratě.

Trať	Spotřeba paliva	Počet barelů	Cena paliva	Cena paliva
Amsterdam - Vilnius - Amsterdam	6 988 litrů	46,6	5 639 USD	111 652 Kč
Amsterdam - Riga - Amsterdam	6 940 litrů	46,3	5 602 USD	110 920 Kč
Amsterdam - Barcelona - Amsterdam	6 790 litrů	45,3	5 481 USD	108 524 Kč
Amsterdam - Katowice - Amsterdam	5 456 litrů	36,4	4 404 USD	87 199 Kč
Amsterdam - Milán - Amsterdam	5 390 litrů	36	4 356 USD	86 249 Kč
Amsterdam - Praha - Amsterdam	4 936 litrů	33	3 993 USD	79 062 Kč
Amsterdam - Kodaň - Amsterdam	3 992 litrů	26,6	3 219 USD	63 736 Kč
Amsterdam - Drážďany - Amsterdam	4 032 litrů	26,8	3 243 USD	64 212 Kč

Tab. 5.8. Cena paliva pro jednotlivé linky

5.1.4. Traťové poplatky

Celkový poplatek za let R se rovná součtu poplatků r_i pro jednotlivé úseky vymezených států,

$$R = \sum_{i=1}^n r_i \quad (5.1)$$

poplatky za jednotlivé úseky vymezených států, jsou dány součinem vzdálenostního faktoru d_i , váhového faktoru p a jednotkových sazeb t_i . [36]

$$r_i = d_i \times p \times t_i \quad (5.2)$$

kde;

- vzdálenostní faktor d_i se rovná jedné setině vzdušné vzdálenosti v daném státě vyjádřené v kilometrech
- váhový faktor p se vypočte,

$$p = \sqrt{\frac{MTOW}{50}} \quad MTOW[t] \quad (5.3)$$

- jednotková sazba t_i daného států Evropské unie stanovena Eurocontrole.

Traťové poplatky jsou vypočteny pouze pro trať z Amsterdamu do cílové destinace, jelikož zpáteční let je uskutečněn po téměř stejné trase, budeme uvažovat, že i výše traťových poplatků na zpáteční cestě je stejná.

Výpočet traťových poplatků

Délka trati Amsterdam - Vilnius činí 1348 km. Využívaný letoun na této trati je letoun ATR 72 - 200F s maximální vzletovou hmotností 21 tun.

$$p = \sqrt{\frac{21}{50}} = 0.64$$

r_i	Stát	d_i	t_i	$d_i \times p \times t_i$	Poplatky
r_1	Nizozemí	157 km	66 €	$1.57 \times 0.64 \times 66 = 66 \text{ €}$	1 823 Kč
r_2	Německo	277 km	77 €	$2.77 \times 0.64 \times 77 = 136 \text{ €}$	3 753 Kč
r_3	Dánsko	129 km	71 €	$1.29 \times 0.64 \times 71 = 58 \text{ €}$	1 611 Kč
r_4	Švédsko	185 km	72 €	$1.85 \times 0.64 \times 72 = 85 \text{ €}$	2 337 Kč
r_5	Polsko	185 km	35 €	$1.85 \times 0.64 \times 35 = 41 \text{ €}$	1 139 Kč
r_6	Rusko	240 km	50 €	$2.4 \times 0.64 \times 50 = 76 \text{ €}$	2 112 Kč
r_7	Litva	175 km	45 €	$1.75 \times 0.64 \times 45 = 50 \text{ €}$	1 386 Kč
					Σ 14 161 Kč

Tab. 5.9. Traťové poplatky na lince Amsterdam - Vilnius

$$R = \sum_{i=1}^7 r_i = 14\,161 \text{ Kč}$$

Celkový traťový poplatek pro let Amsterdam - Vilnius činí 14 161 Kč.

Stejným způsobem byly stanoveny traťové poplatky pro let Amsterdam - Riga a Amsterdam - Barcelona, na kterých je také využívám letoun ATR 72 - 200F.

Trať	Celkové traťové poplatky
Amsterdam - Riga	14 137 Kč
Amsterdam - Barcelona	14 817 Kč

Tab. 5.10. Traťové poplatky na lince směřující do Rigy a Barcelony

Celkový traťový poplatek pro let Amsterdam - Riga činí 14 137 Kč a poplatek pro let Amsterdam - Barcelona činí 14 817 Kč.

Délka trati Amsterdam - Katowice činí 956 km. Využívaný letoun na této trati je letoun ATR 42 - 320F s maximální vzletovou hmotností 16.9 tun.

$$p = \sqrt{\frac{16.9}{50}} = 0.58$$

r_i	Stát	d_i	t_i	$d_i \times p \times t_i$	Poplatky
r_1	Nizozemí	138 km	66 €	$1.38 \times 0.58 \times 66 = 52 \text{ €}$	1 452 Kč
r_2	Německo	531 km	77 €	$5.31 \times 0.58 \times 77 = 237 \text{ €}$	6 521 Kč
r_3	Polsko	287 km	35 €	$2.87 \times 0.58 \times 35 = 58 \text{ €}$	1 602 Kč
					$\Sigma 9\,575 \text{ Kč}$

Tab. 5.11. Traťové poplatky na lince Amsterdam - Katowice

$$R = \sum_{i=1}^3 r_i = 9\,575 \text{ Kč}$$

Celkový traťový poplatek pro let Amsterdam - Katowice činí 9 575 Kč.

Stejným způsobem byly stanoveny traťové poplatky pro let Amsterdam - Milán a Amsterdam - Praha, na kterých je také využívám letoun ATR 42 - 320.

Trat'	Celkové traťové poplatky
Amsterdam - Milán	9 646 Kč
Amsterdam - Praha	8 385 Kč

Tab. 5.12. Traťové poplatky na lince směřující do Milána a Prahy

Celkový traťový poplatek pro let Amsterdam - Milán činí 9 646 Kč a poplatek pro let Amsterdam - Praha činí 8 385 Kč.

Délka trati Amsterdam - Kodaň činí 606 km. Využívaný letoun na této trati je letoun Saab 340F s maximální vzletovou hmotností 13 tun.

$$p = \sqrt{\frac{13}{50}} = 0.5$$

r_i	Stát	d_i	t_i	$d_i \times p \times t_i$	Poplatky
r_1	Nizozemí	174 km	66 €	$1.74 \times 0.5 \times 66 = 57 \text{ €}$	1 579 Kč
r_2	Německo	220 km	77 €	$2.2 \times 0.5 \times 77 = 84 \text{ €}$	2 329 Kč
r_3	Dánsko	212 km	71 €	$2.12 \times 0.5 \times 71 = 75 \text{ €}$	2 069 Kč
					$\Sigma 5\,977 \text{ Kč}$

Tab. 5.13. Traťové poplatky na lince Amsterdam - Kodaň

$$R = \sum_{i=1}^3 r_i = 5\,977 \text{ Kč}$$

Celkový traťový poplatek pro let Amsterdam - Kodaň činí 5 977 Kč.

Stejným způsobem byl stanoven traťový poplatek pro let Amsterdam - Drážďany, na kterém je také využívám letoun Saab 340F.

Trat'	Celkové traťové poplatky
Amsterdam - Drážďany	6 380 Kč

Tab. 5.14. Traťové poplatky na lince směřující do Drážďan

Celkový traťový poplatek pro let Amsterdam - Drážďany činí 6 380 Kč.

5.1.5. Přibližovací poplatky

V koncových fázích letu se za služby řízení letového provozu platí přibližovací poplatek. Jeho velikost je určena vztahem,

$$R = t_i \times p \quad (5.4)$$

kde;

- váhový faktor p se vypočte,

$$p = \sqrt{\frac{MTOW}{50}} \quad MTOW[t] \quad (5.5)$$

- jednotková sazba t_i daného státu Evropské unie stanovena Eurocontrole. [36]

ATR 72 - 200F

$$p = \sqrt{\frac{21}{50}} = 0.64$$

R_i	Letiště	t_i	$t_i \times p$	Přibližovací poplatky
R_1	Litva - Vilnius	45 €	$45 \times 0.64 = 28.8$ €	729 Kč
R_2	Lotyšsko - Riga	28 €	$28 \times 0.64 = 17.9$ €	492 Kč
R_3	Španělsko - Barcelona	71 €	$71 \times 0.64 = 45.4$ €	1 249 Kč
R_4	Nizozemí - Amsterdam	66 €	$66 \times 0.64 = 42.2$ €	1 161 Kč

Tab. 5.15. Přibližovací poplatky letounu ATR 72 - 200F

ATR 42 - 320F

$$p = \sqrt{\frac{16.9}{50}} = 0.58$$

R_i	Letiště	t_i	$t_i \times p$	Přibližovací poplatky
R_1	Polsko - Katowice	35 €	$35 \times 0.58 = 20.3$ €	558 Kč
R_2	Itálie - Milán	78 €	$78 \times 0.58 = 45.2$ €	1 244 Kč
R_3	Česká republika - Praha	43 €	$43 \times 0.58 = 29.9$ €	685 Kč
R_4	Nizozemí - Amsterdam	66 €	$66 \times 0.58 = 38.3$ €	1 053 Kč

Tab. 5.16. Přibližovací poplatky letounu ATR 42 - 320F

Saab 340F

$$p = \sqrt{\frac{13}{50}} = 0.5$$

R_i	Letiště	t_i	$t_i \times p$	Přibližovací poplatky
R_1	Dánsko - Kodaň	71 €	$71 \times 0.5 = 35.5$ €	976 Kč
R_2	Německo - Drážďany	77 €	$77 \times 0.5 = 38.5$ €	1 058 Kč
R_3	Nizozemí - Amsterdam	66 €	$66 \times 0.5 = 33$ €	906 Kč

Tab. 5.17. Přibližovací poplatky letounu Saab 340F

5.1.6. Stání letounů na letišti Schiphol

Parkovací poplatek ve výši 45 Kč za tunu maximální vzletové hmotnosti letounu, na dobu 24 hodin. Bez poplatku je stání letounů možné v případě, že parkování probíhá kratší dobu než 6 hodin. [18]

V mém případě, je nutné počítat s každodenním stáním letounů delším než 6 hodin. Přeprava tulipánů je uskutečněna v ranních hodinách, tak aby bylo možno tulipány ještě dopoledne téhož dne uvést k prodeji.

Letoun	MTOW	Cena stání - den	Cena stání - měsíc
ATR 72 - 200F	21 tun	945 Kč	28 350 Kč
ATR 42 - 320F	16.9 tun	761 Kč	22 830 Kč
Saab 340F	13 tun	585 Kč	17 550 Kč
			Σ 68 730 Kč

Tab. 5.18. Poplatky za stání letounů na letišti Schiphol

5.1.7. Platy zaměstnanců

Celková výše vyčleněna na měsíční platy všech zaměstnanců je 600 000 Kč.

5.2. Nepřímé provozní náklady

Nejsou spojené s přímým užíváním konkrétního letadla, jsou však závislé na celkovém chodu podniku a zajištění postupů spojených s prodejem nákladu, manipulací se zbožím.

5.2.1. Pozemní odbavení letadel

Letiště Vilnius - Vykládka 1 kg nákladu stojí 1.89 Kč. Cena za vyložení celého nákladu o hmotnosti 4.3 tuny, společností LitCargus, činí 8 153 Kč.

Letiště Riga - Vykládka 1 kg nákladu stojí 1.71 Kč. Cena za vyložení celého nákladu o hmotnosti 4.7 tun, společností Baltic Cargo, činí 8 037 Kč.

Letiště Barcelona - Vykládka 1 kg nákladu stojí 0,55 Kč. Cena za vyložení celého nákladu o hmotnosti 4 tuny, společností Aena Aeropuertos, činí 2 200 Kč.

Letiště Katowice - Vykládka 1 kg nákladu stojí 1,45 Kč. Cena za vyložení celého nákladu o hmotnosti 4 tuny, společností GTLLOT Airport Service, činí 5 800 Kč.

Letiště Milán - Vykládka 1 kg nákladu stojí 1,97 Kč. Cena za vyložení celého nákladu o hmotnosti 3.2 tuny, společností SEA Group, činí 6 304 Kč.

Letiště Praha - Cena za vyložení nákladu o hmotnosti větší než 2 tuny, společností Skyport, činí 1 300 Kč.

Letiště Kodaň - Vykládka 1 kg nákladu stojí 2.05 Kč. Cena za vyložení celého nákladu o hmotnosti 2.2 tun, společností Swissport Cargo Services, činí 4 510 Kč.

Letiště Drážďany - Vykládka 1 kg nákladu stojí 3.85 Kč. Cena za vyložení celého nákladu o hmotnosti 2.35 tun, společností Swissport Cargo Services, činí 9 047 Kč.

Letiště Amsterdam - Nakládka 1 kg nákladu stojí 2.06 Kč. Cena za nakládku celého nákladu pro jednotlivé destinace je uvedena v tabulce.

Cílová destinace	Hmotnost nákladu	Cena za nakládku
Vilnius	4 300 kg	8 858 Kč
Riga	4 700 kg	9 682 Kč
Barcelona	4 000 kg	8 240 Kč
Katowice	4 000 kg	8 240 Kč
Milán	3 200 kg	6 592 Kč
Praha	3 400 kg	7 004 Kč
Kodaň	2 200 kg	4 532 Kč
Drážďany	2 350 kg	4 841 Kč

Tab. 5.19. Cena za nakládku na letišti Schiphol

5.2.2. Náklady na inzerci a propagaci

Celková měsíční výše vyčleněná na inzerci a propagaci společnosti Teriw Cargo Air se pohybuje okolo 80 000 Kč.

5.3. Hospodářský výsledek

Cílem je stanovení prodejní ceny tulipánů, tak aby bylo dosaženo 15% zisku z každého letu. Celkový měsíční počet letů je 56. Měsíční náklady na stání letounů, platy zaměstnanců a náklady na inzerci, byly rozpočteny mezi jednotlivé lety. Pořizovací cena jednoho tulipánu je 10 Kč. Ve fixních nákladech nejsou zahrnuty náklady na leasing letounů, jelikož celková cena leasingu letounů není objektivně zjištěitelná, z toho důvodu bude z hospodářského výsledku každého letu odváděna 1/3 na pokrytí těchto nákladů.

Zisk na lince Amsterdam - Vilnius

Počet tulipánů přepravovaných 1x týdně je 120 000.

Kalkulace nákladů

Nákladové kategorie		Výše nákladů
Fixní náklady	Přímé provozní náklady	
	vzletové a přistávací poplatky – Amsterdam	2 795 Kč
	vzletové a přistávací poplatky – Vilnius	4 200 Kč
	cena paliva Amsterdam - Vilnius – Amsterdam	111 652 Kč
	traťové poplatky Amsterdam - Vilnius - Amsterdam	28 322 Kč
	přiblížovací poplatky letiště Vilnius	729 Kč
	přiblížovací poplatky letiště Amsterdam	1 161 Kč
	platy zaměstnanců	10 714 Kč
	stání letounů	1 227 Kč
	Nepřímé provozní náklady	
	handling letiště Amsterdam	8 858 Kč
	handling letiště Vilnius	8 153 Kč
	Inzerce	1 428 Kč
	Fixní náklady	Σ 179 239 Kč
počet nakoupených tulipánů 120 000		1 200 000 Kč
Celkové náklady		Σ 1 379 239 Kč

Tab. 5.20. Kalkulace nákladů

Celkové náklady 1 379 239 Kč

Požadovaný výnos celkové náklady + 15% = 1 586 124 Kč

Stanovení prodejní ceny tulipánu

$\text{prodejní cena} = \text{požadovaný výnos} / \text{počet tulipánů}$

$\text{prodejní cena} = 13.2 \text{ Kč}$

Hospodářský výsledek z jednoho letu

$$HV = \text{prodejní cena} \times \text{počet tulipánů} - \text{celkové náklady}$$

$$HV = 13.2 \times 120\,000 - 1\,379\,239$$

$$HV = 206\,885 \text{ Kč}$$

Leasing

$$\text{Leasing} = 1/3 \times HV$$

$$\text{Leasing} = 68\,961 \text{ Kč}$$

Zisk

$$\text{Zisk} = HV - \text{Leasing}$$

$$\text{Zisk z jednoho letu} = 137\,924 \text{ Kč}$$

$$\text{Měsíční zisk} = 551\,699 \text{ Kč}$$

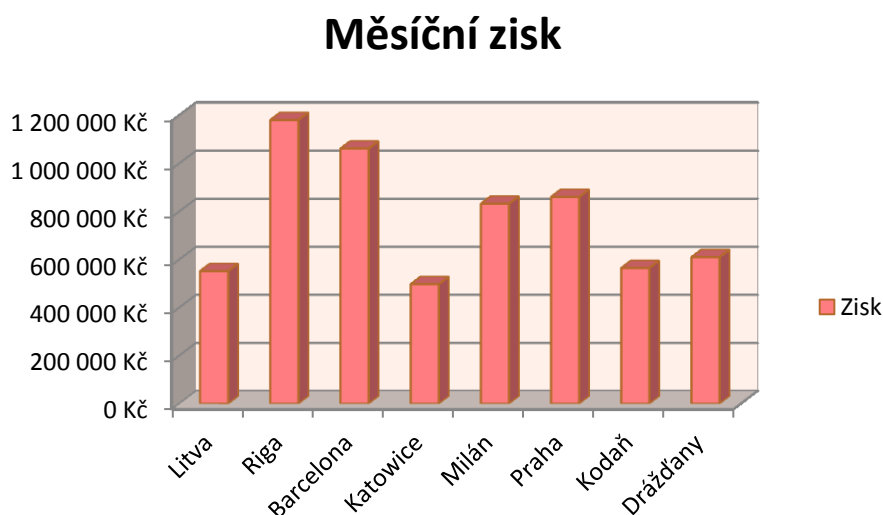
Stejným způsobem je na všech ostatních linkách stanovena prodejní cena tulipánu, hospodářský výsledek, leasing a zisk.

Linka	Výnosy	Náklady	Počet tulipánů	Prodejní cena
Amsterdam - Riga	1 697 319 Kč	1 475 930 Kč	130 000 ks	13 Kč
Amsterdam - Barcelona	1 461 633 Kč	1 271 012 Kč	110 000 ks	13.3 Kč
Amsterdam - Katowice	1 429 248 Kč	1 242 825 Kč	110 000 ks	13 Kč
Amsterdam - Milán	1 196 134 Kč	1 040 117 Kč	90 000 ks	13.3 Kč
Amsterdam - Praha	1 237 109 Kč	1 075 747 Kč	95 000 ks	13 Kč
Amsterdam - Kodaň	811 540 Kč	705 687 Kč	60 000 ks	13.5 Kč
Amsterdam - Drážďany	876 271 Kč	761 975 Kč	65 000 ks	13.5 Kč

Tab. 5.21. Prodejní cena tulipánů na jednotlivých linkách

Linka	Zisk z jednoho letu	Počet letů	Měsíční zisk
Amsterdam - Riga	147 593 Kč	8	1 180 744 Kč
Amsterdam - Barcelona	127 101 Kč	8	1 016 814 Kč
Amsterdam - Katowice	124 282 Kč	4	497 130 Kč
Amsterdam - Milán	104 012 Kč	8	832 100 Kč
Amsterdam - Praha	107 575 Kč	8	860 600 Kč
Amsterdam - Kodaň	70 569 Kč	8	564 552 Kč
Amsterdam - Drážďany	76 197 Kč	8	609 580 Kč
			Σ 5 561 520 Kč

Tab. 5.22. Měsíční zisk na jednotlivých linkách



Graf. 5.1. Grafické znázornění měsíčního zisku

Celkový měsíční zisk uvedený v tabulce je tzv. hrubý provozní zisk, což znamená zisk před započtením úroků a daní.

5.4. Bod zvratu

Týdenní objem produkce q , při kterém se tržby rovnají celkovým nákladům.

q - týdenní počet prodaných tulipánů	1 330 000 ks
p - průměrná prodejní cena tulipánu	13.22 Kč
b - náklady na koupi tulipánu	10 Kč
F - týdenní fixní náklady	1 983 000 Kč

Celkové náklady na týdenní provoz linek

$$N = F + b \times q \quad (5.6)$$

$$N = 1\,983\,000 + 10 \times 1\,330\,000$$

$$N = 15\,283\,000 \text{ Kč}$$

Celkové tržby z týdenního provozu linek

$$T = p \times q \quad (5.7)$$

$$T = 13.22 \times 1\,330\,000$$

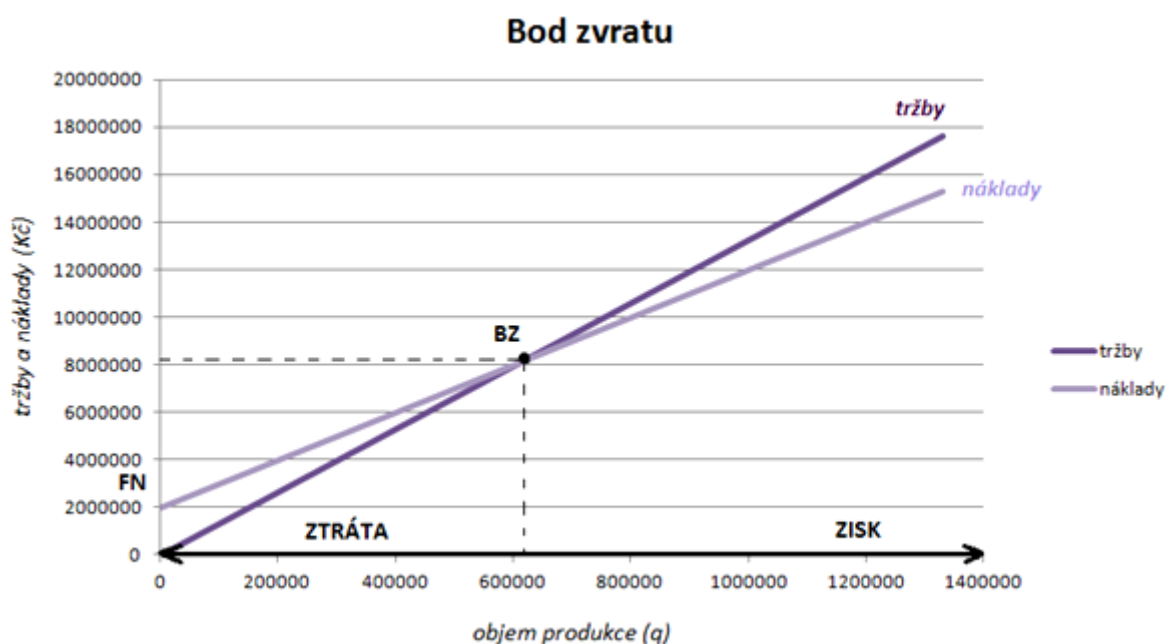
$$T = 17\,582\,600 \text{ Kč}$$

Bod zvratu

$$T = N \quad (5.8)$$

$$p \times q = F + b \times q$$

$$q = \frac{F}{p - b} = \frac{1\,983\,000}{3.22} = 615\,838 \text{ ks}$$



Graf. 5.2. Grafické znázornění bodu zvratu

Při týdenním objemu produkce 615 838 kusů se týdenní tržby rovnají týdenním nákladům na provoz veškerých linek. Tento počet prodaných tulipánů nám zajistí pokrytí nákladů s nulovým ziskem.

6. Závěr

Již ve své bakalářské práci jsem vytvořila fiktivní leteckou nákladní společnost Teriw Cargo Air, na jejíž činnost jsem nyní ve své diplomové práci navázala. Společnost zajišťuje nákup, leteckou přepravu a prodej tulipánů do osmi evropských států.

Cílem mé diplomové práce bylo využít metody vícekriteriálního rozhodování pro výběr vhodných letounů pro zajištění přepravy nákladu do daných evropských destinací.

V této práci je uvedeno několik metod vícekriteriálního rozhodování a jejich výsledky.

Při výběru letounů metodami vícekriteriálního rozhodování byla kritéria stanovena jednotlivě v závislosti na dané lince. Následně váhy jednotlivých kritérií byly stanoveny Saatyho metodou, bodovací metodou a metodou pořadí. Pro stanovení vah Saatyho metodou se používá devítibodová stupnice. Jedná se o metodu párového porovnávání kritérií. Tato metoda umožňuje skutečně velice přesné stanovení vah jednotlivých kritérií.

V případě, že je snahou maximalizovat užitek varianty, doporučuji použít metodu bazické varianty či metodu váženého součtu. Metoda váženého součtu pracuje s ideální variantou, které se snažíme docílit a s variantou bazální. V metodě bazické varianty jsou jednotlivá kritéria rozdělena na nákladová či výnosová. U kritérií nákladového typu je snahou dosáhnout co nejnižších hodnot (např. spotřeba paliva, maximální vzletová hmotnost apod.) a naopak u kritérií výnosového typu chceme dosáhnout hodnot co nejvyšších (objem nákladového prostoru, dolet letounu apod.). Za bazickou variantu je považována varianta, která dosahuje nejlepších hodnot z hlediska všech kritérií. Tyto metody vycházejí z principu maximalizace užitku a jejich výsledky jsou velmi přesné.

Aspirační úroveň neboli hodnoty kritéria, které má být dosaženo, využívá metoda PRIAM. Pořadí kritérií je uspořádáno dle důležitosti řešitele. Výchozí aspirační úroveň je vždy nastavena na úroveň bazální varianty, této úrovni vždy vyhovují veškeré varianty. V následujících krocích jsou zpřísněny hodnoty jednotlivých kritérií. Varianty (letouny), které nevyhovují těmto aspiračním úrovním, jsou z výběru vyřazeny. Výsledným řešením je pouze jediná varianta. Metoda PRIAM je dle mého názoru, rychlá, jelikož nevyžaduje stanovení vah jednotlivých kritérií a zároveň objektivní, výstupem metody je jediná optimální varianta.

Metoda pořadí pracuje s ordinální informací o kritériích, tzn., že řešitel seřadí kritéria a kritériální hodnoty dle jeho subjektivní důležitosti. Výsledků může být dosaženo i bez užití vah jednotlivých kritérií, avšak přesnějších výsledků je vždy dosaženo při užití vah jednotlivých kritérií. Při užití metody bodovací, je zapotřebí stanovení bodovací stupnice. Stupnice je sestavena na základě preferencí řešitele a následně je každé kritériální hodnotě přiřazen daný počet bodů. Výsledků je možno, stejně jako u metody pořadí, docílit bez užití vah jednotlivých kritérií, avšak přesnějších výsledků je opět dosaženo při užití vah jednotlivých kritérií. Bodovací metoda je použita v mé práci celkem 3x, velice mi vyhovuje možnost sestavení bodovací stupnice na základě mých preferencí.

Užitečnost metod vícekritériálního rozhodování spočívá především v tom, že umožňují rozhodovateli lepší orientaci v množině variant s použitím rozsáhlého souboru kritérií. Kritéria jsou stanovena subjektivně na základě rozhodovatele, z tohoto důvodu nespočívá význam metod vícekritériálního rozhodování v naprosté objektivnosti výsledků. Cílem metod vícekritériálního rozhodování je nalezení optimálních variant a jejich uspořádání od nejlepší po nejhorší. Výslednými optimálními variantami v této práci jsou letouny: ATR 72 - 200F, ATR 42 - 320F a Saab 340F, tyto letouny zajišťují přepravu požadovaného nákladu do daných destinací. Pro smysluplnost a objektivitu mé diplomové práce jsem také zahrnula ekonomické vyhodnocení fiktivní letecké společnosti.

Seznam použité literatury

- [1] ŽIHLA, Z. a kolektiv, Porovnání podniků letecké dopravy a letišť, 1. vydání, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2010, použité strany 95 - 170, ISBN 978-7240-667-5
- [2] KŘIVDA, V., 4. Letecká doprava, 1. vydání, VŠB- TU, 2007, použité strany: 35 - 36, ISBN 978-80-248-1521-3
- [3] BERGER, R., 1000 Letadel, 1. vydání, Euromedia Group, k. s. – Knižní klub, 2007, použité strany 25 - 113, ISBN 978-80-242-1832-8
- [4] LOWE, M., BATCHELOR, J., Encyklopedie letectví 3 (1945-2005), 1. vydání, Rebo Productions CZ, spol. s.r. o., 2006, použité strany: 50 - 51, ISBN 80-7234-443-9
- [5] WINCHESTER, J., Encyklopedie moderních letadel, 1. vydání, NAŠE VOJSKO, 2011, použité strany: 399 - 427, ISBN 978-80-206-1208-3
- [6] BROŽOVÁ, H., Modely pro vícekriteriální rozhodování, 1. vydání, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009, použité strany: 4-66
- [7] KŘUPKA, J., KAŠPAROVÁ, M., MACHOVÁ, R., Rozhodovací procesy, Univerzita Pardubice, 2012, počet stran 70, ISBN 978-7395-478-9
- [8] ŠUBRT, T. a kolektiv, Vícekriteriální rozhodování - ekonomicko-matematické metody, použité strany 162 - 220
- [9] OLIVKOVÁ, I., Studijní materiály, Provoz a ekonomika v letecké dopravě
- [10] Vícekriteriální rozhodování za jistoty
Dostupné z: <http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/tspp/data/teorie/Vicekritko.pdf>
poslední návštěva: 12.5.2014

- [11] Vícekriteriální analýza variant za jistoty
Dostupné z: http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/rmp/data/teorie_oa/VICEKRIT_HODNOCENI.pdf
poslední návštěva: 12.5.2014
- [12] OLIVKOVÁ, I., Aplikace metod vícekriteriálního rozhodování při hodnocení kvality veřejné dopravy
Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/23_2011/Olivkova.pdf
poslední návštěva: 12.5.2014
- [13] Vícekriteriální hodnocení variant
Dostupné z: <http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-Vahy.pdf>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [14] Postupy a podmínky pro udělení souhlasu k nájmu a pronájmu letadla
Dostupné z: http://www.caa.cz/file/357_1_1/
poslední návštěva: 12.5.2014
- [15] Informace o letištích
Dostupné z: <http://www.flightstats.com/go/Airport/airportDetails.do>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [16] Schéma tratí
Dostupné z: <http://skyvector.com/>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [17] Kódy jednotlivých letišť
Dostupné z: <http://www.airlinecodes.co.uk/apcodesearch.asp>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [18] Poplatky letiště Amsterdam
Dostupné z: <http://www.boeing.com/commercial/noise/amscharges2010.pdf>
poslední návštěva: 12.5.2014

- [19] Letiště Amsterdam
Dostupné z:
<http://www.swissport.com/fileadmin/downloads/stations/ams/Swissport-AMS-Handling-Charges-2014v2.pdf>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [20] Poplatky letiště Vilnius
Dostupné z: <http://www.vilnius-airport.lt/en/business/airport-charges/>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [21] Odbavení letiště Vilnius
Dostupné z:
<http://www.litcargus.lt/en/main-navigation/Litcargus-cargo-centre/Cargo-Terminal.html>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [22] Poplatky letiště Riga
Dostupné z:
<http://www.riga-airport.com/en/main/b2b/aviation/airlines/airport-charges>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [23] Odbavení letadel letiště Riga
Dostupné z: [http://www.northhubcargo.com/files/tarifi_english_\(apr_2012\).pdf](http://www.northhubcargo.com/files/tarifi_english_(apr_2012).pdf)
poslední návštěva: 15.5.2014
- [24] Poplatky a odbavení letadel letiště Kodaň
Dostupné z:
<http://www.cph.dk/en/about-cph/b2b/airline-sales/charges--slot/Copenhagen/>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [25] Poplatky letiště Barcelona
Dostupné z: <http://www.boeing.com/commercial/noise/barcelona.html>
poslední návštěva: 12.5.2014

- [26] Odbavení letadel letiště Barcelona
Dostupné z:
<http://www.aena-aeropuertos.es/csee/Satellite/Aeropuerto-Barcelona/es/Barcelona-El-Prat.html>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [27] Poplatky a odbavení letadel letiště Katowice
Dostupné z: http://www.katowice-airport.com/download/en/fly_more_pay_less.pdf
poslední návštěva: 12.5.2014
- [28] Poplatky a odbavení letadel letiště Milán
Dostupné z: <http://www.milanomalpensacargo.eu/en/cargo-city/airport-rights>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [29] Odbavení letadel letiště Praha
Dostupné z:
http://www.skyport.com/public/downloaditem/Cenik_manipulaci_PRG_EN.pdf
poslední návštěva: 12.5.2014
- [30] Poplatky letiště Praha
Dostupné z: <http://www.prg.aero/en/business-section/aviation-business/charges-and-incentives/airport-charges/>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [31] Odbavení letadel letiště Drážďany
Dostupné z:
http://www.swissport.com/fileadmin/downloads/stations/sp_cargo_de/Preisliste_01-01-2014_Deutschland_Station_DRS.pdf
poslední návštěva: 12.5.2014
- [32] Sestavení tratí
Dostupné z: <http://rfinder.asalink.net/free/>
poslední návštěva: 12.5.2014

- [33] Burza v městě Aalsmeer
Dostupné z: <http://www.decostyle.cz/?p=252>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [34] Společnost LAN Cargo
Dostupné z:
<http://www.aircargoworld.com/Air-Cargo-World-News/2014/02/carriers-fly-flowers-valentines-day-scramble/6272>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [35] Průměrná cena leteckého paliva
Dostupné z: <http://www.iata.org/publications/economics/fuel-monitor/Pages/price-analysis.aspx>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [36] Stanovení traťových poplatků
Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/articles/establishing-route-charges>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [37] Vícekriteriální rozhodování
Dostupné z: <http://www.rozhodovacipocesky.cz/vicekriterialni-rozhodovani.html>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [38] Plánování paliva
Dostupné z: <http://fuelplanner.com/index.php>, poslední návštěva: 12.5.2014
- [39] Přeletové poplatky
Dostupné z:
http://www.atmseminar.org/seminarContent/seminar7/papers/p_047_FDII.pdf
poslední návštěva: 12.5.2014

- [40] Bod zvratu
Dostupné z: http://is.vsfs.cz/el/6410/leto2013/N_MaEk/3978174/PFFP1_Bod_zvratu_pri_planovani_vyrobní_kapacity.pdf, poslední návštěva: 12.5.2014
- [41] Letoun AN - 26B
Dostupné z: http://aircharterservice.aero/cargo/aircraft/antonov_an26.htm,
<http://www.rafavia.lv/fleet>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [42] Letoun AN 74 - 200
Dostupné z: http://aircharterservice.aero/cargo/aircraft/antonov_an74.htm
poslední návštěva: 12.5.2014
- [43] Letoun Saab 340F
Dostupné z: http://www.saabaircraftleasing.com/prod/datasheets/340C_JAR.pdf,
http://aircharterservice.aero/cargo/aircraft/saab_340.htm
poslední návštěva: 12.5.2014
- [44] Letoun Fokker - 27
Dostupné z: http://aircharterservice.aero/cargo/aircraft/f27_fokker.htm,
<http://www.brinkley.cc/AC/f276.htm>, poslední návštěva: 12.5.2014
- [45] Letoun ATR 42 - 320F
Dostupné z: http://aircharterservice.aero/cargo/aircraft/atr_42_320.htm,
<http://www.farnair.com/Pdf/ATR-42-Cargo-300dpi.pdf>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [46] Letoun ATR 72 - 200
Dostupné z: <http://www.farnair.com/Pdf/ATR72-200F-300dpi.pdf>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [47] Letoun Raytheon 1900D
Dostupné z: <http://www.farnair.com/Pdf/Beech-1900D-300dpi.pdf>
poslední návštěva: 12.5.2014

- [48] Letoun Falcon Cargo Jet
Dostupné z: <http://aircharterservice.aero/cargo/aircraft/falcon20.htm>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [49] Letoun Bae 748
Dostupné z: <http://www.aircharterservice.com/aircraft/cargo/bae-hs-748>,
http://www.regional-services.com/Files/pdf/BAe_ATP_General_data_brochure.pdf
poslední návštěva: 12.5.2014
- [50] Letoun Dash 8 - 300
Dostupné z: <http://www.airinuit.com/en/fleet/bombardier-dash-8-cargo-300-series>,
<http://www.liatcargo.com/showcargo.html?p=cargoplaneinfo>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [51] Stanovení spotřeby paliva
Dostupné z: http://www.csavirtual.cz/cs/media/download/category/5-tutorialy?download=71%3Aplanovani_-paliva
poslední návštěva: 12.5.2014

Zdroje obrázků

- [52] Obr. Květinová burza, str. 11
Dostupné z: <http://backyardadventurephotos.com/?p=787>
poslední návštěva: 12.5.2014
- [53] Obr. Blízkost květinové burzy, str. 12
Dostupné z: <http://www.igg.nl/en/projecten/aalsmeer-flower-auctions/>
poslední návštěva: 12.5.2014